



ISSN : 0377 - 6395
e- ISSN : 2651 - 4214



Veteriner Hekimler Derneği Dergisi

Journal of the Turkish Veterinary Medical Society

Cilt / Volume : 96

Sayı / Issue: 1

Yıl / Year: 2025

96 (1)

ISSN : 0377 - 6395
e-ISSN : 2651 - 4214



Veteriner Hekimler Derneği Dergisi

Journal of the Turkish Veterinary Medical Society

Cilt / Volume : 96 Sayı / Issue: 1 Yıl / Year : 2025



Veteriner Hekimler Derneği Dergisi
Journal of the Turkish Veterinary Medical Society

Cilt / Volume: 96 Sayı / Issue: 1 Yıl / Year: 2025

Altı ayda bir yayımlanır / *Published bi-annually* • Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın

<http://dergipark.org.tr/vetheder>

ISSN : 0377 -6395 e-ISSN: 2651-4214

Veteriner Hekimler Derneği Adına Sahibi

/ on the behalf of Turkish Veterinary Medical Society, owner:

Dr. Gülay KABASAKAL ERTÜRK

Yazı İşleri Müdürü

/ Managing Editor

Uzm. Vet. Hekim Elif ÇETİN

Ziya Gökalp Caddesi No: 16/7 Kızılay, Ankara

Editörler Kurulu / Editorial Board

Assoc. Prof. Dr. Doğukan ÖZEN
(Baş Editör / Editor-in-Chief)

Prof. Dr. M. Agah TEKİNDAL
(İstatistik Editörü / Statistics Editor)

Assoc. Prof. Dr. M. Volkan YAPRAKÇI
(Dil Editörü / English Language Editor)

Dr. Nigar YERLİKAYA
(Etik Editörü / Ethics Editor)

Assoc. Prof. Dr. Sena ARDIÇLI
Assoc. Prof. Dr. Ahmet CEYLAN
Assoc. Prof. Dr. M. Bahadır ÇEVİRİMLİ
Assoc. Prof. Dr. Koray TEKİN
Assoc. Prof. Dr. Caner BAKICI
Dr. Zekeriya Safa İNANÇ
(Alan Editörleri / Section Editors)

Danışma Kurulu (Advisory Board)*

Prof. Dr. Mustafa ARICAN, Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. R. Tamay BAŞAĞAÇ GÜL, Ankara University, Türkiye
Prof. Dr. Hasan BATMAZ, Uludağ University, Türkiye
Prof. Dr. Sacit BİLGİLİ, Auburn University, USA
Prof. Dr. Serdar DİKER, Aydın Adnan Menderes University, Türkiye
Prof. Dr. Sandra GOERICKE - PESCH, Copenhagen University, Denmark
Prof. Dr. Jia-Qiang HE, Virginia Polytechnic Institute, USA
Prof. Dr. Almuth EINSPIANIER, Leipzig University, Germany
Prof. Dr. Murat FINDIK, Samsun Ondokuz Mayıs University, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet GÜNER, Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ana Maria Bravo Del MORAL, Compostela University, Spain
Prof. Dr. Aykut ÖZDARENDELİ, Erciyes University, Türkiye
Prof. Dr. Calogero STELLETTA, Padova University, Italy
Prof. Dr. Tarkan ŞAHİN, Kafkas University, Türkiye
Prof. Dr. William W. THATCHER, Florida University, USA

**İsimler soyadına göre alfabetik olarak sıralanmıştır / Names arranged alphabetically by last name*

Hakemli Açık Erişimli Dergidir / Peer-Reviewed Open Access Journal

Bu dergi, EBSCOHost, CABI Full Text, CABI Abstracts, Citefactor, ULAKBİM-TR DİZİN, Türkiye Atf Dizini tarafından indekslenmektedir.

(This journal is indexed by EBSCOHost, CABI Full Text, CABI Abstracts, Citefactor, ULAKBİM-TR DİZİN and Turkish Citation Index)

İletişim / Contact:

VETERİNER HEKİMLER DERNEĞİ

Adres: Ziya Gökalp Caddesi No:16/7 Kızılay, Ankara • **Tel:** +90 312 431 62 74 • **Faks:** +90 312 435 79 14

e-ileti: vethekder@gmail.com • **web adresi:** www.vethekimder.org.tr

Derneğin Kuruluş Tarihi: 6 Şubat 1930

Derginin İlk Yayın Tarihi: 1 Ekim 1930

Yayımlanma Tarihi / Publication Date: 15.01.2025

Published by Veteriner Hekimler Derneği

*All published content is licensed under a Creative Commons CC-BY-NC 4.0 international license.
Please visit the Journal's website for detailed information about ethical principles and publication policy*



*Veteriner Hekimler Derneği tarafından yayınlanmıştır
Yayımlanan tüm içerik, Creative Commons CC-BY-NC 4.0 uluslararası lisansı altında lisanslanmıştır.
Etik ilkeler ve yayın politikası hakkında detaylı bilgi için lütfen Dergi web sitesini ziyaret ediniz.*





doi 10.33188/vetheder.1472005

Araştırma Makalesi / Research Article

Kayseri ilinde sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi

Savaş SARIÖZKAN^{1,a}, Güven GÜNGÖR^{2,b*}, Mehmet KÜÇÜKOFLAZ^{3,c}, Seyrani DEMİR^{4,d}

¹ Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye

³ Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı, Kars, Türkiye

⁴ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Milas Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Muğla, Türkiye

0000-0003-2491-5152^a; 0000-0003-3695-9443^b; 0000-0003-3256-4735^c; 0009-0001-6504-9273^d

MAKALE BİLGİSİ/

ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

22 Nisan 24

22 April 24

Revizyon/Revised:

20 Ağustos 24

20 August 24

Kabul / Accepted:

02 Eylül 24

02 September 24

Anahtar Sözcükler:

Kayseri

Manda yetiştiriciliği

Sıcaklık-nem indeksi Süt

sığırcılığı

Keywords:

Dairy cattle

Kayseri

Temperature-humidity

Index

Water buffalo

©2025 The Authors.

Published by Veteriner

Hekimler Derneği. This is

an open access article

under CC-BY-NC license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



ÖZET

Bu çalışmada Kayseri’de ilçelere göre 2014-2023 yılları arasında SNİ değerleri hesaplanarak süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği için risk oluşturabilecek gün sayılarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırmanın materyalini Kayseri’nin 16 ilçesinde (Akkışla, Bünyan, Develi, Felahiye, Hacılar, İncesu, Kocasinan, Melikgazi, Özvatan, Pınarbaşı, Sarioğlan, Sarız, Talas, Tomarza, Yahyalı ve Yeşilhisar) Meteoroloji 7. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ortalama “sıcaklık” ve “bağlı nem” ölçümlerine ait resmi verileri oluşturmuştur. Çalışma bulgularına göre Kayseri genelinde 2014-2023 arası ortalama hava sıcaklığının 0,2 °C azaldığı, bağlı nem değerlerinin ise %1,5 oranında arttığı tespit edilirken, ortalama hava sıcaklığı ve bağlı nem en yüksek değere sırasıyla 2018 (11,6 °C) ve 2015 (%63,5) yıllarında ulaşmıştır. İlçeler bazında süt sığırcılığı için 70, manda yetiştiriciliği için 72 olan SNİ eşik değerinin en fazla aşıldığı ilçelerin sırasıyla, Yeşilhisar, İncesu ve Develi; en az aşıldığı ilçelerin ise sırasıyla Pınarbaşı ve Sarız olduğu görülmüştür. Aylar itibarıyla, son 10 yılda SNİ eşik değerinin hem süt sığırcılığı hem de manda yetiştiriciliği için en çok aşıldığı ayların sırasıyla, Ağustos ve Temmuz ayları olduğu tespit edilmiştir. İl genelinde son 10 yılda süt sığırcılığı için SNİ eşik değeri yıllık ortalama olarak 45,7 gün (26-60 gün arası), Manda yetiştiriciliği için ise yıllık ortalama 24,2 gün aşılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma gelecekte 1,8-4° C arasında artması öngörülen hava sıcaklıkları da düşünüldüğünde, Kayseri ilçelerinde hem mevcut hayvan varlığı açısından alınması gereken tedbirlerin olduğunu, hem de gelecekte yapılması planlanan yatırımlar açısından bu ve benzeri çalışma sonuçlarının dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. İl’de hayvancılık açısından ilçeler düzeyinde farklı senaryolara göre alınması gereken tedbirler ile yol haritalarının belirlenmesi ve hayata geçirilmesi sektörün gelecek açısından önemli kazanımı olacaktır.

Evaluation of temperature-humidity index values in terms of dairy cattle and water buffalo breeding in Kayseri province

ABSTRACT

In this study, it was aimed to reveal the number of days that may pose a risk for dairy cattle and buffalo breeding by calculating THI values according to districts in Kayseri between 2014 and 2023. The material of the research consists of official data on average "temperature" and "relative humidity" measurements made by the 7th Regional Directorate of Meteorology in 16 districts of Kayseri (Akkışla, Bünyan, Develi, Felahiye, Hacılar, İncesu, Kocasinan, Melikgazi, Özvatan, Pınarbaşı, Sarioğlan, Sarız, Talas, Tomarza, Yahyalı ve Yeşilhisar). According to the study results, it was determined that the average air temperature in Kayseri between 2014 and 2023 decreased by 0.2 °C and relative humidity values increased by 1.5%, while the average temperature and relative humidity reached the highest values in 2018 (11.6 °C) and 2015 (63.5%), respectively. In terms of districts, the districts where the THI threshold value of 70 for dairy cattle and 72 for buffalo breeding are exceeded the most are Yeşilhisar, İncesu and Develi, respectively; It was observed that the districts where it was least exceeded were Pınarbaşı and Sarız, respectively. In terms of months, it has been determined that the months in which the THI threshold value was most exceeded for both dairy cattle and buffalo breeding in the last 10 years were August and July, respectively. In the last 10 years, the THI value in the province has been exceeded by an average of 45.7 days per year for dairy cattle farming and by 24.2 days per year for buffalo breeding. In conclusion, considering the temperatures that are expected to increase by 1.8-4° C in the future, it shows that there are precautions to be taken in terms of the existing animal population in Kayseri districts and that the results of this and similar studies should be taken into account in terms of investments planned to be made in the future. Determining and implementing road maps and measures to be taken according to different scenarios at the district level in terms of animal husbandry in the province will be an important gain for the sector in the future.

How to cite this article: Sarıözkan S, Güngör G, Küçükoflaz M, Demir S. Kayseri ilinde sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96 (1):1-13

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: gungor@bingol.edu.tr

1. Giriş

Dünya’da sanayi devrimi ile başlayan ve halen devam eden fosil yakıtlara dayalı üretim modeli, iklim üzerinde ciddi değişiklikler yapmakta, değişen iklimler de başta insan olmak üzere tüm canlıları ve doğayı olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliklerinin, çiftlik hayvanlarında da refah ve verim (süt ve döl verimi gibi) üzerine oldukça etkili olduğu bildirilmektedir (1,2). Ayrıca dünyanın ortalama sıcaklığının, gelecek yüzyılda iyimser senaryoya göre 1,8°C, kötümser senaryoda ise 4,0°C artacağı ön görüşü, bu etkinin artarak devam edeceğini göstermektedir (3). Hayvanlarda normal şartlarda vücut ısısının korunması için ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak vücutta meydana gelen ısı artışının giderildiği ve tolere edildiği bir denge mevcuttur (4). Ancak, bu dengenin bozulması ve sıcaklık artışının vücutta tolere edilememesi “ısı stresi” olarak nitelendirilir. Çevre/ortam sıcaklığının nispi (bağıl) nem oranı ile birlikte, hissedilebilir sıcaklığı etkilediği saptanmıştır. Bu nedenle, hayvanlarda meydana gelen ısı stresinin verim üzerine etkisini belirleyebilmek için hava sıcaklığı ve nispi nemin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (3,5). Bu düşünceden hareketle farklı formüller geliştirilerek sıcaklık nem indeksi (SNİ) değerleri hesaplanmış ve hayvanlar üzerine etkileri araştırılmıştır (3, 6-11).

Türkiye’nin farklı bölge ve illerinde SNİ değerleri hesaplanmış ve özellikle süt sığırcılığına etkileri rapor edilmiştir (12-17). Ancak literatürde Kayseri’de yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada Kayseri’de ilçelere göre 2014-2023 yılları arasında SNİ değerleri hesaplanmış, alınabilecek tedbirlere ışık tutması düşüncesiyle süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği için risk oluşturabilecek gün sayılarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Araştırma bölgesi olan Kayseri ili, Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesinde 37° 45' ve 38° 18' kuzey enlemleri ile 34° 56' ve 36° 58' doğu boylamları arasında yer alan, karasal iklimin egemen olduğu bir yapı sergilemektedir. Araştırmanın materyalini Kayseri’nin 16 ilçesindeki (Akkışla, Bünyan, Develi, Felahiye, Hacılar, İncesu, Kocasinan, Melikgazi, Özvatan, Pınarbaşı, Sarioğlan, Sarız, Talas, Tomarza, Yahyalı ve Yeşilhisar) istasyonlarda Meteoroloji 7. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ortalama “sıcaklık” ve “bağıl nem” ölçümlerine ait resmi veriler oluşturmuştur. Veriler 5’er yıllık iki dönem halinde (2014-2018 ve 2019-2023) toplam 10 yıllık olarak incelenmiştir. Verilerin hayvancılık açısından değerlendirilebilmesi için özellikle sıcaklık-nem indeksi (SNİ) değerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada hem yıllara göre hem de risk oluşturan aylara göre (Mayıs-Eylül arası) SNİ değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (5,18).

$$SNİ = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times RH) \times (1,8 \times T - 26,8)]$$

Formülde; T değeri (°C): kuru termometre sıcaklığını ve RH değeri (%): bağıl nem oranını ifade etmektedir. Çalışmada, rektal sıcaklık ile en yüksek korelasyona (r = 0,53) sahip olması ve benzer çalışmalarda kullanılması nedeniyle bu indeks seçilmiştir (19, 20).

Süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği için kritik (eşik) SNİ değerleri sırasıyla ≥ 70 ve ≥ 72 olarak dikkate alınmıştır (21,22). Bu değerlerin üzerindeki SNİ seviyesinin hayvanların verim düzeyi açısından risk oluşturduğu kabul edildiğinden, bu değerlerin aşıldığı gün sayıları tespit edilmiş ve tablolarla sunulmuştur. İlçelere göre sağmal inek ve manda varlıkları Tarım ve Orman İl Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

3. Bulgular

Kayseri’de ilçelere göre sağmal inek ve manda varlıkları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Kayseri ili sağmal inek ve manda varlığı (2023)**Table 1:** Population of dairy cows and buffaloes in Kayseri Province (2023)

İlçeler	Sağmal İnek Varlığı (baş)	Sağmal Manda Varlığı (baş)
Akkışla	2.970	-
Bünyan	13.128	3
Develi	22.626	559
Felahiye	1.202	-
Hacılar	1.262	667
İncesu	6.693	911
Kocasinan	13.941	766
Melikgazi	8.346	308
Özvatan	579	-
Pınarbaşı	19.766	-
Sarıoğlan	3.770	17
Sarız	3.520	-
Talas	6.289	-
Tomarza	8.658	7
Yahyalı	5.977	-
Yeşilhisar	2.958	-
Toplam	121.685	3.238

Kayseri’de ilçe bazında en fazla sağmal inek Develi, Pınarbaşı, Kocasinan ve Bünyan ilçelerinde bulunurken, sağmal manda varlığı İncesu, Kocasinan, Hacılar ve Develi’de yoğunlaşmıştır. Resmi kayıtlara göre 2023 yılı için İl genelinde potansiyel olarak SNİ değerinden etkilenebilecek durumda toplam 121.685 sağmal inek ve 3.238 sağmal manda varlığı bulunmaktadır (Tablo 1).

Çalışmada yıllara göre ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Yıllara göre ortalama sıcaklık ve bağıl nem % değerleri (2014-2023)**Table 2:** Mean temperature and relative humidity values according to years (2014-2023)

Yıllar	Ortalama sıcaklıklar, °C	5’er yıllık ortalama sıcaklıklar, °C	Ortalama bağıl nem değerleri, %	5’er yıllık ortalama bağıl nem değerleri, %
2014	10,9		58,3	
2015	9,9		63,5	
2016	10,2	10,8	58,5	60,1
2017	10,4	(-19,9/+32)*	58,4	(3,1/100)*
2018	11,6		61,6	
2019	10,7		61,6	
2020	10,8		60,0	
2021	10,3	10,6	61,0	61,6
2022	10,2	(-22,7/+34,4)*	62,5	(7,30/100)*
2023	10,9		62,9	

*Parantez içinde ortalama sıcaklık ve bağıl nemin minimum ve maksimum değerleri verilmiştir.

Kayseri geneline 2014-2023 arası 10 yıllık dönemi 5’er yıllık periyotlar halinde incelediğimizde, ortalama hava sıcaklığının 0,2 °C azaldığı, bağıl nem değerlerinin ise %1,5 oranında arttığı görülmektedir. Minimum ve

maksimum sıcaklık değerleri ile minimum bağıl nem oranının son 5 yılda arttığı belirlenmiştir. Ortalama hava sıcaklığı 11,6 °C ile en yüksek değerine 2018 yılında ulaşırken, bağıl nemin en fazla olduğu yıl %63,5 ile 2015 yılı olmuştur (Tablo 2).

Kayseri ilçelerinde yıllara ve aylara göre süt sığırcılığı için kabul edilen eşik SNİ değerinin geçildiği gün sayıları Tablo 2-5'de verilmiştir.

Tablo 3: İlçelere göre eşik SNİ değerinin (≥ 70) geçildiği gün sayıları (2014-2018)

Table 3: Number of days when the threshold THI value (≥ 70) was exceeded by districts (2014-2018)

İlçeler	2014	2015	2016	2017	2018	Ortalama	Toplam
Akkışla	11	6	3	12	6	8	38
Bünyan	20	14	10	22	10	15	76
Develi	42	32	37	46	29	37	186
Felahiye	28	24	22	26	13	23	113
Hacılar*	-	-	-	16	20	18	36
İncesu	48	38	42	46	34	42	208
Kocasinan	36	32	35	36	25	33	164
Melikgazi	38	35	41	42	27	37	183
Özvatan	7	9	7	11	3	7	37
Pınarbaşı	2	1	1	7	1	2	12
Sarıoğlan	33	26	27	29	19	27	134
Sarız	2	2	1	7	3	3	15
Talas*	-	-	-	7	31	19	38
Tomarza	6	8	2	16	5	7	37
Yahyalı	27	28	19	29	22	25	125
Yeşilhisar	53	42	47	53	33	46	228
Toplam	353	297	294	405	281	326	1.630
İl Geneli	56	45	49	56	40	49	246

*Hacılar ve Talas ilçeleri ölçüm istasyonları 2017 yılının 8. ayında kurulmuştur.

İncelenen 5 yıllık dönemde (2014-2018), Kayseri'de sığır yetiştiriciliği için eşik SNİ değerinin en fazla geçildiği yıl toplam 405 günle 2017 yılı olmuştur. İlçe bazında eşik değerin geçildiği gün sayısı en fazla 228 günle Yeşilhisar, ardından sırasıyla İncesu ve Develi olmuştur. Pınarbaşı ve Sarız ilçeleri SNİ değerleri açısından en az sorunun yaşandığı ilçeler olarak karşımıza çıkmaktadır. İl genelinde bu dönemde eşik değer yıllık ortalama 49,2 gün aşılmış olup, en fazla 56 günle 2014 ve 2017 yıllarında aşılmıştır (Tablo 3).

Yine aynı dönemde (2014-2018), aylara göre değerlendirme yapıldığında, eşik SNİ değeri Mayıs ayında aşılmamış, 103 günle Haziran ayından itibaren aşılmaya başlanmış ve 826 günle Ağustos ayında pik seviyeye ulaşmıştır. Toplamda 5 yıllık dönemde tüm ilçelerde 1.630 gün eşik değer aşılmıştır. İl genelinde bu dönemde eşik değer en fazla 108 günle Ağustos ayında aşılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4: Aylara göre eşik SNİ değerinin (≥ 70) geçildiği gün sayıları (2014-2018)**Table 4:** Number of days when the threshold SNI value (≥ 70) was exceeded by month (2014-2018)

İlçeler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Akkışla		-	14	22	2	38
Bünyan		3	31	40	2	76
Develi		14	67	89	16	186
Felahiye		3	38	61	11	113
Hacılar		2	15	19	-	36
İncesu		18	72	100	18	208
Kocasinan		10	60	85	9	164
Melikgazi		15	68	88	12	183
Özvatan	-	-	12	25	-	37
Pınarbaşı		-	4	8	-	12
Sarıoğlan		6	49	69	10	134
Sarız		-	6	9	-	15
Talas		3	17	17	1	38
Tomarza		-	14	23	-	37
Yahyalı		8	49	65	3	125
Yeşilhisar		21	79	106	22	228
Toplam		103	595	826	106	1.630
İl Geneli		27	82	108	29	246

Tablo 5: İlçelere göre eşik SNİ değerinin (≥ 70) geçildiği gün sayıları (2019-2023)**Table 5:** Number of days when the threshold THI value (≥ 70) was exceeded by districts (2019-2023)

İlçeler	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama	Toplam
Akkışla	4	5	7	8	9	7	33
Bünyan	16	12	7	17	13	13	65
Develi	13	26	21	39	34	27	133
Felahiye	5	11	16	22	21	15	75
Hacılar	8	19	19	36	31	23	113
İncesu	17	29	24	40	34	29	144
Kocasinan	16	22	22	39	26	25	125
Melikgazi	16	21	23	35	28	25	123
Özvatan	2	4	4	12	9	6	31
Pınarbaşı	2	3	4	1	7	3	17
Sarıoğlan	6	17	12	20	18	15	73
Sarız	1	2	3	2	6	3	14
Talas	21	27	5	39	21	23	113
Tomarza	2	7	7	5	8	6	29
Yahyalı	9	15	15	21	15	15	75
Yeşilhisar	26	34	26	40	60	37	186
Toplam	164	254	215	376	340	270	1.349
İl Geneli	34	42	26	49	60	42	211

Araştırmada incelenen ikinci 5 yıllık dönemde (2019-2023), süt sığırcılığı için eşik SNİ değeri en fazla 2022 yılında 376 gün olarak aşılmış ve yine en fazla eşik değer aşımı Yeşilhisar, İncesu ve Develi ilçelerinde gerçekleşmiştir.

Yine eşik SNİ değerinin en az aşıldığı ilçeler Sarız ve Pınarbaşı olmuştur. Bu dönemde Kayseri’de toplamda eşik SNİ değeri toplam 1.349 gün aşılmış ve son iki yıldaki artışlar dikkat çekmiştir. İl genelinde bu dönemde eşik değer yıllık ortalama 42,2 gün aşılmış olup, en fazla 60 günle 2023 yılında aşılmıştır (Tablo 5).

Tablo 6: Aylara göre eşik SNİ değerinin (≥ 70) geçildiği gün sayıları (2019-2023)

Table 6: Number of days when the threshold SNI value (≥ 70) was exceeded by month (2019-2023)

İlçeler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Akkışla	-	1	12	15	5	33
Bünyan	8	9	15	27	6	65
Develi	-	7	47	67	12	133
Felahiye	-	1	20	46	8	75
Hacılar	-	2	38	61	12	113
İncesu	-	7	50	74	13	144
Kocasinan	-	8	43	63	11	125
Melikgazi	-	7	45	61	10	123
Özvatan	-	1	7	20	3	31
Pınarbaşı	-	-	7	9	1	17
Sarıoğlan	-	1	23	40	9	73
Sarız	-	-	5	9	-	14
Talas	-	9	29	66	9	113
Tomarza	-	1	15	13	-	29
Yahyalı	-	3	25	39	8	75
Yeşilhisar	1	16	59	87	23	186
Toplam	9	73	440	697	130	1.349
İl Geneli	8	24	64	90	25	211

Kayseri için 2019-2023 arası dönemde, aylara göre değerlendirme yapıldığında, süt sığırcılığı için eşik SNİ değeri az da olsa Mayıs ayında aşılmış ve 697 günle Ağustos ayında pik seviyeye ulaşmıştır. Bu dönemde eşik değer toplam 1.349 gün aşılmıştır. Bir önceki 5 yıllık döneme göre 2019-2023 arası dönemde eşik değer aşımı daha az olmuştur ancak aşılın gün sayısı Eylül ayına doğru sarkmaya başlamıştır. İl genelinde bu dönemde de eşik değer en fazla 90 günle Ağustos ayında aşılmıştır (Tablo 6).

Kayseri ilçelerinde yıllara ve aylara göre manda yetiştiriciliği için kabul edilen eşik SNİ değerinin geçildiği gün sayıları Tablo 7-10’da verilmiştir.

Kayseri’de yıllara göre manda yetiştiriciliği için eşik değerin aşıldığı gün sayıları toplamda 487 gün olmuş ve en fazla aşılın gün sayısı 129 günle 2017 yılında gerçekleşmiştir. İlçelere göre 113 günle Yeşilhisar ve 101 günle İncesu eşik SNİ değerinin en fazla aşıldığı ilçeler olmuştur. İl genelinde bu dönemde eşik değer yıllık ortalama 27 gün aşılmış olup, en fazla 31 günle 2014 ve 2017 yıllarında aşılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: İlçelere göre eşik SNİ değerinin (≥ 72) geçildiği gün sayıları (2014-2018)**Table 7:** Number of days when the threshold THI value (≥ 72) was exceeded by districts (2014-2018)

İlçeler	2014	2015	2016	2017	2018	Ortalama	Toplam
Akkışla	-	-	-	2	-	0	2
Bünyan	1	-	-	3	-	1	4
Develi	12	13	9	17	12	13	63
Felahiye	6	2	2	6	1	3	17
Hacılar*	-	-	-	4	5	2	9
İncesu	25	20	18	23	15	20	101
Kocasinan	12	11	6	9	9	9	47
Melikgazi	7	15	6	17	10	11	55
Özvatan	-	-	-	1	-	0	1
Pınarbaşı	-	-	-	1	-	0	1
Sarıoğlan	13	6	3	9	3	7	34
Sarız	-	-	-	-	-	0	-
Talas*	-	-	-	4	14	4	18
Tomarza	-	-	-	1	-	0	1
Yahyalı	6	1	3	5	6	4	21
Yeşilhisar	26	26	21	27	13	23	113
Toplam	108	94	68	129	88	97	487
İl Geneli	31	26	25	31	22	27	135

*Hacılar ve Talas ilçeleri ölçüm istasyonları 2017 yılı Ağustos ayında kurulmuştur.

Tablo 8: Aylara göre eşik SNİ değerinin (≥ 72) geçildiği gün sayıları (2014-2018)**Table 8:** Number of days when the threshold SNI value (≥ 72) was exceeded by month (2014-2018)

İlçeler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Akkışla	-	-	2	-	-	2
Bünyan	-	-	3	1	-	4
Develi	-	2	19	40	2	63
Felahiye	-	-	8	9	-	17
Hacılar	-	-	6	3	-	9
İncesu	-	4	34	60	3	101
Kocasinan	-	-	20	26	1	47
Melikgazi	-	1	21	33	-	55
Özvatan	-	-	1	-	-	1
Pınarbaşı	-	-	1	-	-	1
Sarıoğlan	-	-	9	23	2	34
Sarız	-	-	-	-	-	-
Talas	-	1	10	7	-	18
Tomarza	-	-	1	-	-	1
Yahyalı	-	-	10	11	-	21
Yeşilhisar	-	7	37	65	4	113
Toplam	-	15	182	278	12	487
İl Geneli	-	10	44	74	7	135

Aylara göre 2014-2018 arası dönem incelendiğinde, mandalar için eşik SNİ değeri en üst seviyeye 278 günle Ağustos ayında ulaşmış ve onu 182 günle Temmuz ayı takip etmiştir. İl genelinde bu dönemde eşik değer en fazla 74 günle Ağustos ayında aşılmıştır (Tablo 8).

Tablo 9: İlçelere göre eşik SNİ değerinin (≥ 72) geçildiği gün sayıları (2019-2023)

Table 9: Number of days when the threshold THI value (≥ 72) was exceeded by districts (2019-2023)

İlçeler	2019	2020	2021	2022	2023	Ortalama	Toplam
Akkışla	-	1	2	-	3	1	6
Bünyan	2	-	2	1	7	2	12
Develi	6	11	10	15	19	12	61
Felahiye	2	3	4	2	10	4	21
Hacılar	3	3	7	8	12	7	33
İncesu	6	12	11	16	19	13	64
Kocasinan	4	8	6	12	11	8	41
Melikgazi	5	7	5	6	10	7	33
Özvatan	1	-	1	-	6	2	8
Pınarbaşı	-	-	1	-	-	0	1
Sarıoğlan	2	2	4	2	8	4	20
Sarız	-	-	-	-	-	0	-
Talas	7	12	1	18	8	9	46
Tomarza	-	-	1	-	5	1	6
Yahyalı	2	2	6	6	8	5	24
Yeşilhisar	7	14	9	31	36	19	97
Toplam	47	76	71	117	162	95	473
İl Geneli	9	16	13	32	37	21	107

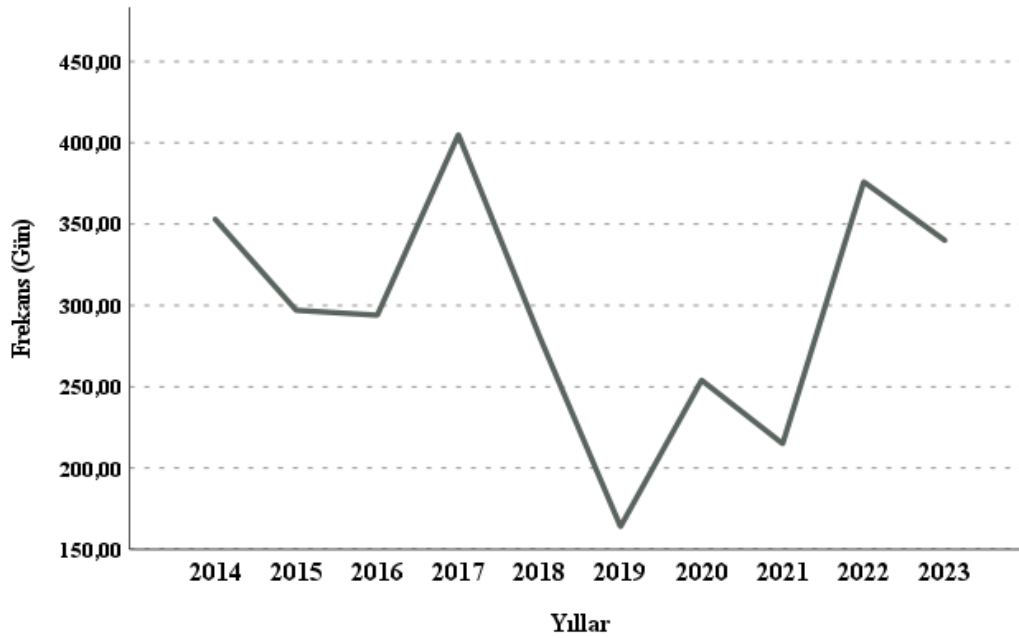
İncelenen 2019-2023 arası dönemde, mandalar için kabul edilen eşik SNİ değeri 162 günle en fazla 2023 yılında aşılmış ve onu 117 günle 2022 yılı takip etmiştir. En fazla eşik değer aşımı Yeşilhisar, İncesu ve Develi ilçelerinde gerçekleşmiştir. Bu dönemde Kayseri’de toplamda eşik SNİ değeri 473 gün aşılmış olup, son iki yıldaki artışlar dikkate değerdir. İl genelinde bu dönemde eşik değer yıllık ortalama 21,4 gün aşılmış olup, son iki yıldaki artışlar dikkat çekici bulunmuştur (Tablo 9).

Kayseri’de 2019-2023 arasında, aylara göre manda yetiştiriciliği için eşik SNİ değeri en fazla 277 günle Ağustos’ta ve 150 günle Temmuz’da aşılmıştır. Bir önceki 5 yıllık döneme göre 2019-2023 arası dönemde eşik değer aşımı 14 gün daha az olmuştur ancak aşılın gün sayısı Eylül ayında artmıştır. İl genelinde bu dönemde de eşik değer en fazla 63 günle Ağustos ayında aşılmıştır (Tablo 10).

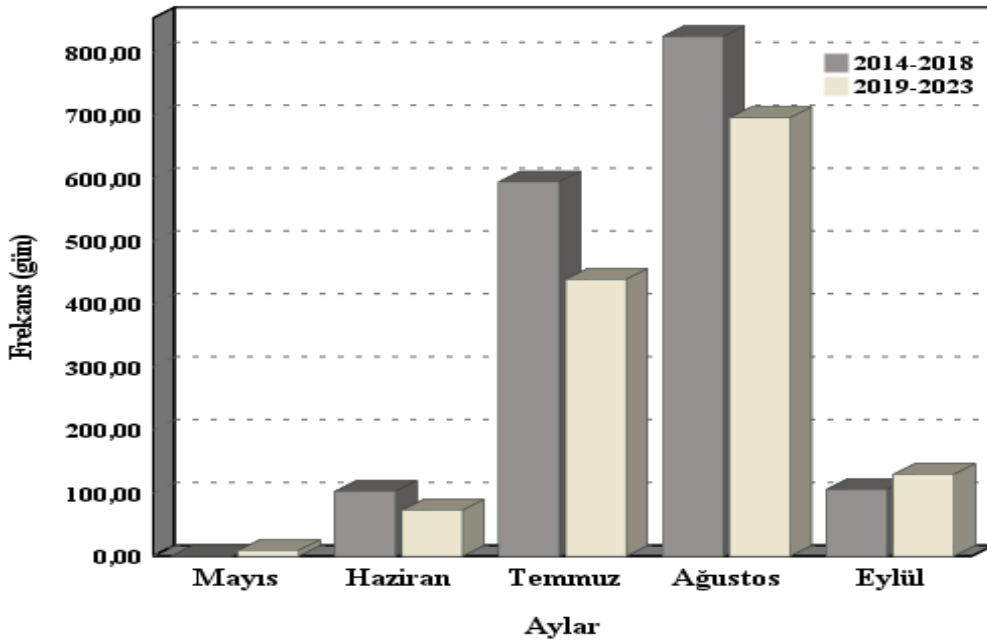
Tablo 10: Aylara göre eşik SNİ değerinin (≥ 72) geçildiği gün sayıları (2019-2023)**Table 10:** Number of days when the threshold SNI value (≥ 72) was exceeded by month (2019-2023)

İlçeler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Akkışla	-	-	3	3	-	6
Bünyan	1	-	2	7	2	10
Develi	-	2	20	31	8	61
Felahiye	-	-	6	14	2	22
Hacılar	-	-	9	23	1	33
İncesu	-	1	19	37	7	64
Kocasinan	-	1	14	23	3	41
Melikgazi	-	-	14	18	1	33
Özvatan	-	-	1	7	-	8
Pınarbaşı	-	-	1	-	-	1
Sarıoğlan	-	1	6	11	-	18
Sarız	-	-	-	-	-	-
Talas	-	2	14	28	2	46
Tomarza	-	-	1	5	-	6
Yahyalı	-	-	9	14	2	25
Yeşilhisar	-	2	31	56	8	97
Toplam	1	9	150	277	36	473
İl Geneli	1	3	33	63	7	107

Araştırmada incelenen 10 yıllık dönemde tüm ilçelerde yıllara ve aylara göre eşik SNİ değerinin geçildiği gün sayıları grafik formunda Şekil 1 ve 2’de verilmiştir.



Şekil 1: Kayseri’de yıllara göre eşik SNİ değerinin (70 ve üzeri) geçildiği toplam gün sayıları
Figure 1: Total number of days exceeding the threshold SNI value (70 and above) in Kayseri by year



Şekil 2: Kayseri’de aylara göre eşik SNI değerinin (70 ve üzeri) geçildiği toplam gün sayıları
Figure 2: Total number of days exceeding the threshold SNI value (70 and above) by month in Kayseri

4. Tartışma ve Sonuç

İklimin, herhangi bir insan faaliyetine maruz kalmadan kendiliğinden değişmesi iklim değişkenliği olarak tanımlanırken (23), kendi değişkenliğine doğrudan veya dolaylı bir şekilde insan faaliyetlerinin de eklenmesiyle meydana gelen yapay değişiklikler iklim değişikliği olarak tanımlanmaktadır (24). Çeşitli nedenlerle meydana gelen bu iklim değişiklikleri, başta insan olmak üzere tüm canlıların yaşamını olumsuz etkilemesinin yanı sıra hayvanlarda da refah ve verim kayıplarına neden olması nedeniyle gerek işletme ve ülke ekonomilerine gerekse küresel ekonomiye zarar veren son zamanların en ciddi sorunu niteliğindedir.

Bu çalışmada iklim ile ilişkili olan SNI’nin, Kayseri İlinde büyükbaş hayvancılık açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Mevcut çalışmaya göre Kayseri genelinde 2014-2023 arası ortalama hava sıcaklığının 0,2 °C azaldığı, bağıl nem değerlerinin ise %1,5 oranında arttığı tespit edilirken, ortalama hava sıcaklığının ve bağıl nemin en yüksek değere sırasıyla 2018 (11,6 °C) ve 2015 (%63,5) yıllarında ulaştığı görülmektedir. İlçe bazında büyükbaş hayvancılık açısından 70 olan eşik değerin en fazla aşıldığı ilçeler Yeşilhisar, ardından sırasıyla İncesu ve Develi olmuştur. Pınarbaşı ve Sarız ilçeleri SNI değerleri açısından en az sorunun yaşandığı ilçeler olarak karşımıza çıkmıştır. Yeşilhisar, İncesu ve Develi ilçelerinde SNI eşik değerinin daha fazla geçilmesinin nedenleri arasında; bu ilçelerin daha düşük rakımlı olması, daha fazla nüfusa sahip olması (merkez ilçeler hariç) ve İncesu ilçesinde organize sanayi bölgesinin bulunması sayılabilir. Özellikle Sarız ilçesinde eşik değerin az sayıda aşılmasının nedenleri olarak; rakımın yüksekliği, nüfusun ve sanayileşmenin azlığı gösterilebilir. Çalışma sonuçlarını destekler nitelikte Hatay’da yapılan çalışmada diğer ilçelere göre yüksek rakım ve düşük nüfusa sahip olan Yayladağı ilçesinde SNI değerinin aşılmadığı, diğer ilçelerde ise aşıldığı bildirilmiştir (25).

Aylar itibarıyla bakıldığında son 10 yılda eşik SNI değerinin hem sığır hem de manda yetiştiriciliği için en çok aşıldığı ayların Temmuz ve özellikle de Ağustos ayları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya benzer şekilde Türkiye’nin farklı il ve bölgelerinde yapılan birçok çalışmada da Temmuz ve Ağustos aylarında SNI değerlerinin aşıldığı bildirilmiştir (6,13-15,20,25,26). Doğal olarak yaz mevsiminde sıcaklıkların artması SNI değerini artıran önemli bir neden olmaktadır. Öte yandan SNI değerini artıran diğer bir faktör olan nemin, İç Anadolu Bölgesinde yer alması nedeniyle kurak bir iklime sahip olan Kayseri’de son 20 yılda faaliyete geçen baraj ve göletlerin (Gümüşören, Sarıoğlan, Yamula barajları ve Çörekdere, Ebulhayır, Darılı Koyunabdal ve Felahiye göletleri gibi) şehrin nem oranını

ve dolayısıyla hissedilebilir sıcaklığını artırdığı düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda barajların buharlaşma ile havadaki nem oranını artırarak sıcaklık, yağış, rüzgâr gibi hava hareketlerini değiştirdiğinin bildirilmesi mevcut çalışma sonuçlarını desteklemektedir (27-31). İl genelinde son 10 yılda süt sığırcılığı için eşik SNİ değeri yıllık ortalama olarak 45,7 gün (26-60 gün arası) aşılmıştır. Bu değer Bursa'da ortalama 83,3 gün bulunmuştur (20). Manda yetiştiriciliği için 2014-2023 arası dönemde eşik SNİ değeri yıllık ortalama 24,2 gün aşılmıştır.

Çalışmada elde edilen ve hayvancılık açısından değerlendirilebilecek bir diğer bulgu ise, son 5 yılda (2019-2023) bir önceki 5 yıllık döneme göre (2014-2018) SNİ eşik değerinin aşıldığı gün sayısının Eylül ayına doğru sarkmaya başlamış olmasıdır. Mevsim olarak yazın başlangıcı olan Haziran'a göre sonbahardaki Eylül ayında SNİ değeri daha fazla eşik değeri aşmıştır. Bu sonuçlar, mevsim değişikliklerinin ve kaymaların yaşanmakta olduğuna işaret etmektedir. SNİ eşik değerinin aşılmasının hayvancılık alanında verim düşüşlerine (süt ve döl verimi), dolayısıyla üretim ve ekonomik kayıplara neden olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (3,6-11,32-34).

İklim değişikliğinin hayvancılık sektörüne etkisinin değerlendirildiği bazı çalışmalarda (12) SNİ değerlerinin aylık veya yıllık (uzun süreli) ortalamaları alınarak sektörde yaşanan olumsuz etkinin şiddeti gözden kaçırılmakta ve adeta yok sayılmaktadır. Bu nedenle hem işletme ve hem de ulusal düzeyde alınacak tedbirler ötelenebilmektedir. Bu tür çalışmalarda literatürde belirtildiği üzere (35), eşik değerin aşıldığı gün sayılarının ortalama değer yerine, net gün sayısı olarak verilmesi ve bunların verim kayıplarına yansımalarının kantitatif şekilde ortaya konulması olayın ciddiyetinin anlaşılması ve tedbirlerin alınması açısından daha faydalı olacaktır. Örneğin bir ay/yıl 66 olan SNİ değeri, diğer ay/yıl 72 olduğunda ortalaması alınır 69 olur ve sorun yokmuş gibi algılanır. Oysa SNİ değeri 72 olan yıl hayvanlar için eşik değerin aşıldığı ve verim kaybının yaşandığı anlamı taşımaktadır.

Sonuç olarak, Kayseri'de ilçeler itibarıyla büyükbaş hayvan varlığı ile süt ve döl verimi açısından risk oluşturan eşik SNİ değerlerinin aşıldığı gün sayıları birlikte dikkate alındığında, süt sığırcılığında özellikle Develi ilçesinde, manda yetiştiriciliğinde ise İncesu ilçesinde sorunun daha fazla hissedildiği ortaya çıkmıştır. Aylar itibarıyla yapılan incelemede her iki yetiştiricilik açısından da Kayseri ilinde özellikle Ağustos başta olmak üzere Haziran-Eylül ayları arasında SNİ değerlerinin aşıldığı ve ilave tedbirlerin alınmasına gerek olduğu ortaya çıkmıştır. Isı stresinin hayvanlarda yaratacağı olumsuz etkiyi minimize edebilecek bu tedbirler, bakım-besleme (dengeli ve kaliteli rasyon), sürü yönetimi (yeterli ve biyokonfor alan, gübre temizliği) ve barınaklarda (gölgelik, fan/duş, su temini) alınmalıdır. Bu bilgiler ışığında, gelecekte 1,8-4° C arasında artması öngörülen hava sıcaklıkları da düşünüldüğünde, Kayseri ilçelerinde hem mevcut hayvan varlığı açısından alınması gereken tedbirlerin olduğunu, hem de gelecekte yapılması planlanan yatırımlar açısından bu ve benzeri çalışma sonuçlarının dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. İl'de hayvancılık açısından ilçeler düzeyinde farklı senaryolara göre alınması gereken tedbirler ile yol haritalarının belirlenmesi ve hayata geçirilmesi sektörün gelecek açısından önemli kazanımı olacaktır. Bu çalışma konusu itibarıyla Kayseri ili için ön bir durum tespiti oluşturmakla birlikte, SNİ değerleri ile bu yıllardaki süt sığırcılığı ve manda sayılarının, ortalama süt verimlerinin vb. ilişkisini de ortaya koyan daha kapsamlı analizlere destek olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansal Kaynak Beyanı

Bu çalışma herhangi bir kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Savaş SARIÖZKAN

Deney tasarımı: Savaş SARIÖZKAN

Denetleme/Danışmanlık: Savaş SARIÖZKAN

Veri toplama: Savaş SARIÖZKAN

Veri analizi ve yorum: Savaş SARIÖZKAN, Güven GÜNGÖR

Kaynak taraması/düzenleme: Mehmet Küçükoflaz, Savaş SARIÖZKAN

Makalenin yazımı: Savaş SARIÖZKAN, Mehmet KÜÇÜKOFLAZ, Seyrani DEMİR

Eleştirel inceleme: Savaş SARIÖZKAN

Etik Onay

Bu çalışma "Hayvan Deneyleri Etik Kurullarının Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik" Madde 8 (k) gereği HADYEK iznine tabi değildir.

Makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

Kaynaklar

- Hill DL, Wall E. Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*. 2015; 9:138-149.
- Smith JF, Collier RJ, Harner JP, Bradford BJ. Strategies to reduce heat stress in dairy cattle. 27th annual southwest nutrition and management. Conference Book; 2012. p. 65-84.
- Koç HU, Uğurlu M. Süt sığırlarında ısı stresinin verim özellikleri üzerine etkisi. *Lalahan Hay Araşt Enst Derg*. 2019; 59(1): 30-35.
- West JW. Interacation of energy and bovine somatotropin with heat stress. *J Dairy Sci* 1994; 84: 2091-2102.
- Yaslıoğlu E, İlhan H. Güney Marmara süt sığırı yetiştiriciliğinin ısı stresi yönünden değerlendirilmesi. *JOTAF*. 2016; 13:12-19.
- Çenet Z, Korkmaz Ö. Şanlıurfa İlinde ısı stresindeki ineklerde bazı ovulasyon senkronizasyon yöntemlerinin gebelik oranlarına etkisi. *Harran Üniv Vet Fak Derg*. 2020;9:59-63.
- Demir O, Yazgan K. Effects of air temperature and relative humidity on milk yield of Holstein dairy cattle raised in hot-dry Southeastern Anatolia region of Türkiye. *Journ AS*. 2023; 29:710-720.
- Zimelman RB, Rhoads RP, Rhoads ML, Duff GC, Baumgard LH, Collier RJ. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In *Proceedings of the Southwest Nutrition Conference*. USDA Cooperative State Research, Education, and Extension Service (CSREES). Conference Book; 2009. p. 158-169.
- Bohmanova J, Misztal İ, Tsuruta S, Norman, HD, Lawlor TJ. Genotype by environment interaction due to heat stress. Short communication. *J Dairy Sci*. 2008; 91:840-846.
- Wheelock JB, Rhoads RP, VanBaale MJ, Sanders SR, Baumgard LH. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*. 2010; 93: 644-655.
- Leonel A, Fuquay JW, Moore RB, Liu Z, Clark BL, Vierhout C. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Trop Anim Health Prod*. 2010; 42: 265-273.
- Ermetin O, Kul E, Sari M. Evaluation of temperature-humidity index (thi) values in terms of dairy cattle in KOP (Konya Plain Project) region. *TURJFAS*. 2023; 11:954-962.
- İlhan H. Marmara Bölgesi süt sığırcılığı işletmelerinin sıcaklık-nem göstergesi kullanılarak değerlendirilmesi ve yapısal önlemler. [Doktora Tezi]. Bursa: Uludağ Üniversitesi; 2018.

14. Çelik R. Şanlıurfa İli süt sığırı işletmelerindeki süt verim kaybına ısı stresinin etkisi. *Harran Üniv Vet Fak Derg.* 2020; 9(2): 206-210.
15. Işık M, Aydınşakir K, Dinç N, Büyüктаş K, Tezcan A. Antalya koşullarında sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi. *Mediterr Agric Sci.* 2016; 29: 27.
16. Sevim S, Alarslan E. Süt sığırı yetiştiriciliğinde sıcaklık stresinin önemi: Aydın İli Bozdoğan İlçesi örneği. *ADÜ Ziraat Derg.* 2023; 20(2): 281-285.
17. Kibar M, Yılmaz A, Bakır G. Sıcaklık nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi: Siirt İli örneği. *Turk J Agric Res.* 2018; 5(1): 45-50.
18. Bohmanova J, Misztal I, Cole B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci* 2007; 90: 1947-1956.
19. Dikmen S, Hansen PJ. Is the temperature-humidity index best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J Dairy Sci.* 2009; 92: 109-116.
20. Nadaroğlu Y, Şimşek O. İzmir'de iklim değişikliğinin süt üretimine etkisi. IV. Türkiye iklim değişikliği kongresi, TİKDEK'2017. 2017 July 5 – 7; İstanbul, Türkiye.
21. Duru S. Determination of starting level of heat stress on daily milk yield in Holstein cows in Bursa city of Turkey. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 2018; 65: 193-198.
22. Choudhary BB, Sirohi S. Sensitivity of buffaloes (*Bubalus bubalis*) to heat stress. *JDR* 2019; 86: 399-400.
23. Duffy PB. Internal climate variability, *Encyclopedia of global warming and climate change.* California: Sage Publications; 2008.1-3, p. 545-546.
24. BMİDÇS United Nations Framework Convention on Climate Change [serial online] 1992 [cited 2024 Feb 12), Available from:URL:<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.
25. Karaca C. Hatay iklim koşullarında süt sığırı yetiştiriciliğinde ısı stresinin alansal dağılımı ve uygulanacak tedbirler. *MKU J Agric Sci.* 2021; 26: 801-807.
26. Çelik R. Diyarbakır İli süt sığırı yetiştiriciliğinin sıcaklık-nem indeksi yönünden değerlendirilmesi. *Dicle Üniv Vet Fak Derg.* 2021; 14(2): 96-100.
27. Endlich RM, Ludwig FL, Bhumralkar CM, Estoque MA. A diagnostic model for estimating winds at potential sites for wind turbines. *JAMC.* 1982; 21(10): 1441-1454.
28. Güldal V, Ağırlioğlu N. Baraj haznelerinin iklime etkisi: Keban barajı. *Su ve Toprak Kaynaklarını Geliştirme Konferansı;* 1994 Apr 12-14; Ankara, Türkiye.
29. Nagarajan R. Environmental impact analysis of Dudhganga Dam in India - a multi-temporal remote sensing approach. *Int J Remote Sens.* 2000; 21(3): 483-497.
30. Yeşilata B, Bulut H, Yeşilnaçar Mİ. GAP Bölgesinde sıcaklık ve nem parametrelerindeki baraj gölü kaynaklı değişim trendinin araştırılması. *Tesisat Mühendisliği Derg.* 2004; 83: 21-31.
31. Bulut H, Yeşilata B, Yeşilnacar Mİ. Atatürk baraj gölünün bölge iklimi üzerine etkisinin trend analizi ile tespiti. *GAP V. Mühendislik Kongresi;* 2006 Apr 26- 28; Şanlıurfa, Türkiye.
32. Kocaman İ, Şişman CB, Kurç CH. Heat stress mitigation with fogging system of anatolian water buffaloes. *TURJFAS.* 2021; 9(10): 1883-1888.
33. Collier RJ, Dahl GE, Van Baale MJ. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2006; 89: 1244-1253.
34. Vermunt JJ, Tranter BP. Heat stress in dairy cattle. A review, and some of the potential risks associated with the nutritional management of this condition. *Large Anim Rev.* 2010; 212-221.
35. Mauger G, Bauman Y, Nennich T, Salathe E. Impacts of climate change on milk production in the United States. *Prof Geogr.* 2015; 67 (1): 121-131.



doi 10.33188/vetheder.1554543

Araştırma Makalesi / Research Article

Çoklu bağlantı sorununda Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinin kullanımı: yumurta tavukçuluğunda bir uygulaması

Ayşe YENER^{1,a*}, Ali Alparslan SAYIM^{1,2,b}, Aytaç AKÇAY^{2,c}¹ Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye² Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, TürkiyeID 0009-0008-1226-750X^a; 0009-0009-4299-3315^b; 0000-0001-6263-5181^cMAKALE BİLGİSİ /
ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

23 Eylül 24

23 September 24

Revizyon/Revised:

15 Kasım 24

15 November 24

Kabul / Accepted:

26 Kasım 24

26 November 24

ÖZET

Çalışmada, çoklu bağlantı sorununda en küçük kareler yöntemine(EKK) alternatif olarak önerilen Ridge, Liu ve LASSO tahmin edici yöntemlerinin kullanımının ve model başarı kriterlerine göre sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma materyalini, "Nick Chick" ırkı tavukların 19-100 haftalık dönemlerdeki ortalama yumurta ağırlığı (g) ve canlı ağırlık (kg) verileri ile ortalama yumurta fiyatlarına göre hesaplanan tahmini satış gelirleri oluşturmuştur. Çalışmada yaş (hafta), ortalama yumurta ağırlığı (g) ve canlı ağırlık değişkenleri ile haftalık toplam geliri tahmin eden bir modelin geliştirilmesi amacıyla, çoklu bağlantı sorunu varlığında, en küçük kareler regresyonuna (EKK) alternatif yanlı regresyon tekniklerinden Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicileri kullanılmıştır. Haftalık toplam gelirin tahmininde, EKK, Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinde oluşturulan modellerin hesaplanan belirlenme katsayısı (R^2) sırasıyla 0.96, 0.95, 0.95, 0.97 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, kurulan modellere ait regresyon hata kare ortalamalarının karekökü (RMSE) EKK, Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinde, 132.3, 130.5, 56.2, 129.5 olarak belirlenmiş dolayısıyla en düşük Liu tahmin edicisi yönteminde bulunmuştur. Sonuç olarak; çalışmada uygulanan yanlı tahmin edici yöntemlerin Liu tahmin edicisinin EKK regresyonuna göre, daha düşük standart hatalı, tutarlı ve uygun tahmin sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Yumurta tavukçuluğu

Çoklu bağlantı

LASSO

Liu

Ridge

Keywords:

Hen industry

Multicollinearity

LASSO

Liu

Ridge

The use of Ridge, Liu and LASSO estimators in the multicollinearity problem: an application in layer hen industry

ABSTRACT

This study aims to compare the use of Ridge, Liu, and LASSO estimator methods, proposed as alternatives to Ordinary Least Squares (OLS) in the presence of multicollinearity, and to evaluate the results based on model performance criteria. The study material consists of average egg weight (g) and live weight (kg) of "Nick Chick" breed chickens during the 19–100-week period, as well as the estimated sales revenue calculated based on average egg prices. In order to develop a model that predicts weekly total revenue using the variables of age (weeks), average egg weight (g), and live weight, biased regression techniques, such as Ridge, Liu, and LASSO estimators, were employed as alternatives to OLS in the presence of multicollinearity. In predicting weekly total revenue, the calculated coefficients of determination (R^2) for the models generated using OLS, Ridge, Liu, and LASSO estimators were found to be 0.96, 0.95, 0.95, and 0.97, respectively. Additionally, the root mean square errors (RMSE) of the regression models were 132.3, 130.5, 56.2, and 129.5 for OLS, Ridge, Liu, and LASSO estimators, respectively, with the lowest error found in the Liu estimator method. As a result, it was determined that the biased estimator methods applied in the study, particularly the Liu estimator, provided more consistent, accurate, and lower-standard-error predictions compared to the OLS regression method.

©2025 The Authors.

Published by Veteriner

Hekimler Derneği. This is

an open access article

under CC-BY-NC license.

(https://creativecommons.

org/licenses/by-nc/4.0)



How to cite this article: Yener A, Sayim AA, Akçay A. Çoklu bağlantı sorununda Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinin kullanımı: yumurta tavukçuluğunda bir uygulaması. Vet Hekim Der Derg. 2025;96(1):14-22.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: aysekucuk22@gmail.com

1. Giriş

Çoklu doğrusal regresyon analizi bir bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişken tarafından açıklamak amacı ile tercih edilen istatistiksel yöntemlerden biridir (1,2). Oluşturulan regresyon modelleri değişkenler arası sebep-sonuç ilişkilerini belirleyerek, geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon analizinde model parametrelerinin kestiriminde, hata kareler ortalamasını (HKT) minimum yapan tahmin yöntemi olan en küçük kareler (EKK) kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem bazı varsayımların (gözlemlenen verilerin normal olması, hataların beklenen değerinin sıfır olması, hataların varyansının sabit olması ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı ilişkinin olmaması) sağlandığı durumlarda parametre kestirimlerinin yansız ve doğru bir şekilde elde edilebilmesini sağlar (3,4).

Çoklu regresyon analizinde, bağımsız değişkenler arasında ilişkilerin olması ve bağımsızlık varsayımının bozulması sık karşılaşılan sorunlardan biridir. Çoklu bağlantı sorunu (multicollinearity) olarak da adlandırılan bu durumun varlığında, parametre kestirimlerine ait varyanslar büyüdüğünden model parametreleri için gerçekte olması gerekenden farklı olacak ve tahminler kararsızlaşacaktır. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun büyük olması ($r > 0,75$), VIF (Varyans artırıcı faktör) değerinin 10'un üzerinde hesaplanması çoklu bağlantı sorunu olduğunu gösterir. Ayrıca çoklu bağlantı sorununu, değişkenlere ait özdeğerlerin en az birinin 1'den farklı olması veya 0'a yakın olması da gösterir. Bunu belirlemede, koşul indeksi (KI) olarak tanımlanan en büyük özdeğer ile en küçük özdeğer üzerine dayalı bir hesaplama önerilmiştir. Koşul indeksinin 30'dan büyük olması ileri derecede çoklu bağlantı sorunu olduğunu göstermektedir (3,5,6). Bu sorunu gidermek için daha fazla veri toplanması veya bağımsız değişkenlerden bir veya birkaçı modelden çıkarılması önerilmiştir (7,8). Ancak bu yöntemlerin bağımsız değişkenler arasında ciddi çoklu doğrusal bağlantı sorunu durumunda etkili sonuçlar vermediği de bildirilmiştir (9).

Çoklu doğrusal bağlantı sorununu gidermeye yönelik mevcut gözlem ve değişkenlerle, EKK tahmincisine alternatif daha başarılı tahminler yapmayı sağlayan yanlı regresyon tahmin edicileri önerilmiştir (11,12,14). Yanlı regresyon tahmin ediciler ile küçük varyans sahip tahminler yapılarak problemin düzeltilebildiği bildirilmiştir (5). Yansız ve yüksek varyanslı tahmin edici yerine yanlı ama düşük varyanslı bir tahmincinin kullanılmasına hata kareler ortalaması (HKO) değeri ile karar verilebilir. HKO değeri en küçük olan tahmin edicinin seçilmesi önerilir (10). Çoklu bağlantı sorununda modeldeki değişkenleri çıkarmadan regresyon katsayılarını yanlı olarak tahmin etmede en geniş uygulama alanı olan Ridge tahmin edicisi ve buna alternatif olarak geliştirilen Liu ve LASSO tahmin edicileri kullanılabilir.

Ridge tahmin edicisi, çoklu doğrusal bağlantı sorunu varlığında EKK yönteminin yetersiz kalması nedeniyle önerilmiştir (11). Ridge tahmin edicisinde varyans ve kovaryans matrisinin köşegen değerlerine 0'dan büyük olan bir yanlılık sabiti, Ridge parametresi (K) ilave edilmektedir. Bu sayede tahminlerin varyansları azaltılarak, K katsayısı ölçüsünde yanlı tahminler yapılabilmektedir (5). En uygun K değeri, yanlı standartlaştırılmış regresyon katsayıları ve K değerleri arasında çizilen Ridge eğim grafiği ile belirlenir (11). Optimal K değeri, grafikte yanlı standartlaştırılmış regresyon katsayılarının durağan olduğu bölgelerden seçilir (5).

Liu tahmin edicisi, Ridge ile Stein tipi tahmin edicisinin bir kombinasyonu olarak Liu tarafından önerilen yanlı tahmin edici olarak tanımlanmıştır. Liu tahmin edicisi bu iki tahmin edicinin dezavantajlarını ortadan kaldırarak, hem çoklu doğrusal bağlantı sorununda başarılı sonuçlar veren hem de yanlılık parametresi d 'nin doğrusal artan bir fonksiyonudur. Yanlılık parametresi $0 \leq d \leq 1$ arasında bir sabittir. Liu tahmin edicisinin üstünlüğü, d parametresinin doğrusal bir fonksiyonu olduğundan, d 'nin seçimi ridge tahmin edicisi olan K 'nin seçimine oranla oldukça basittir ve birçok yöntem önerilmiştir (12). Bu tahmin ediciler EKK ile karşılaştırılmış ve daha az hata kareler ortalaması verdiği bildirilmiştir. Optimal K değerinin sıfıra yakın seçilmesi önerilse de Ridge ile Liu tahmin edicilerinin eşitliğini sağlayacak ortak bir K ve d değeri elde edilebilir (12).

EKK, Ridge ve Liu tahmin edicilerinin çoklu bağlantı sorunu varlığında, tahmin kesinliği yüksek olmasına rağmen büyük varyansa sahip olmaları sebebiyle yetersiz kaldığı durumlar olmaktadır. Ridge ve Liu tahmin edicileri, katsayıları daraltan kararlı bir süreçtir ancak katsayılar 0'a eşitlenemediği için model yorumlama sorunu oluşmaktadır. Kestirim doğruluğunu elde etmek için bazen değişken seçimi (shrinkage) yapılabilir. Bu sayede, varyanslar azaltılarak genel tahmin doğruluğu artırılabilir (13). Tibshirani tarafından, tahmin ve değişken seçiminin birlikte yapıldığı bir

yöntem olarak LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) alternatif yanlı tahmin bir edici önerilmiştir (14). Bu yöntem, katsayıların mutlak değerinin toplamını sabitten yaparak ve artık karelerin toplamı düşürülür. LASSO tahmin edicisini diğer yöntemlerden ayıran en önemli fark değişken seçiminin yapılmasıdır (15).

LASSO tahmin edicisinde de β katsayılarının elde edilmesi için yanlılık sabiti modele dahil edilir. Ceza parametresi olarak ifade edilen bu sabit (λ) ile gösterilir, pozitif bir değerdir ve büzülme miktarını belirler. Bu tahmin edicide ceza parametresinin kullanıldığı ceza fonksiyonu modelin başarısı için önemlidir. Bu fonksiyon LASSO tahmin edicisinin çözümünü Ridge'den farklı olarak quadratik forma dönüştürür. LASSO tahmin edicisinde λ değeri artarken β katsayılarının sıfıra doğru yaklaşır, λ yeteri kadar büyük olduğunda katsayılar sıfır olur (16).

Literatürde, çoklu bağlantı sorununu ortadan kaldırmak amacıyla önerilen yanlı tahmin edici yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir. Bu çalışmalar simülasyon veri setlerinde (17-20); sağlık alanında elde edilen biyolojik veri setlerinde (21-25), hayvancılık alanındaki veri setlerinde (3,26,27) uygulanmıştır.

Bu çalışmada uygulamada hayvancılıkta çok önemli bir paya sahip olan, en hızlı gelişen ve modern teknolojinin kullanıldığı tavukçuluk sektörü verileri kullanılmıştır. Türkiye'de yumurta tavukçuluğunda çok sayıda faktöre bağlı olarak değişim gösteren ekonomik göstergeler ile verim özellikleri arasındaki sebep-sonuç ilişkisini ortaya çıkararak yapılacak olan yorumları güçlendirecektir.

Bu amaçla çalışmada, çoklu bağlantı sorununda EKK 'ye alternatif olarak önerilen Ridge, Liu ve LASSO tahmin edici yöntemlerinin yumurta tavukçuluğu verileri üzerinde kullanımının ve model başarı kriterlerine göre sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Çalışma materyalini, Türkiye'de yumurta tavukçuluğunda yetiştiriciliği yapılan "Nick Chick" ırkı tavukların 19-100 haftalık dönemlerdeki ortalama yumurta ağırlığı (g) ve canlı ağırlık (kg) verileri ile ortalama yumurta fiyatlarına göre hesaplanan tahmini satış gelirleri oluşturmuştur.

Haftalık ortalama yumurta ağırlığı ve canlı ağırlık verileri Nick Chick ırkı beyaz yumurtacı tavuk ırkı bakım kılavuzu kitapçığından elde edilmiştir (28).

Haftalık satış geliri, 82 hafta (19-100. haftalar arası) beyaz yumurta üretimi yaptığı varsayılan 10 bin başlık yumurta tavukçuluğu işletmesinin, haftalık üretilen ortalama yumurta sayısı ve ağırlığına göre yumurta fiyatları baz alınarak hesaplanmış, Haziran 2024 Dolar kuruna çevrilmiştir (Gelir = Yumurta sayısı x Yumurta fiyatı). Haftalık tahmini satış gelirinin belirlenmesinde, 2024 yılı Haziran ayında Yumurta Üreticileri Merkez Birliği tarafından açıklanan yumurta fiyatları kullanılmıştır (29).

Çalışmada haftalık toplam geliri bağımlı değişken (Y) olarak; yaş (hafta), ortalama yumurta ağırlığı (g) ve canlı ağırlık değişkenleri bağımsız değişkenler (X1, X2, X3) olarak alınmıştır. Haftalık toplam geliri tahmin eden bir modelin geliştirilmesi amacıyla, çoklu bağlantı sorununda EKK regresyonuna alternatif yanlı regresyon tekniklerinden Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicileri kullanılmış ve karşılaştırmaları yapılmıştır. İstatistik analizlerde SPSS 30, RStudio 2023.03.0 ve Python 3.11.2 programları kullanılmıştır.

3. Bulgular

Çalışmada değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler (Tablo1) ve EKK yöntemi sonucunda haftalık toplam geliri (Y) ile bağımsız değişkenler (yaş, ortalama yumurta ağırlığı (g) ve canlı ağırlık) arasındaki doğrusal ilişki için kurulan modelin yüksek belirtme katsayısı ($R^2 = \%96$) bulunmuştur. Katsayılar tablosu incelendiğinde, yaş ve yumurta ağırlığı değişkenlerin kısmi T testine göre anlamlı olduğu, canlı ağırlık değişkeninin anlamlı olmadığı görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 1: Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler**Table 1:** Descriptive statistics of variables

Değişkenler	n	Ortalama ± Standart Sapma	Minimum - Maksimum
Yaş (hafta)	82	59,5 ± 23,8	19 -100
Yumurta ağırlığı (gr)	82	61,3 ± 4,7	40,8 – 64,2
Canlı ağırlık(kg)	82	1,6 ± 0,1	1,4 – 1,7
Gelir (\$)	82	3391,5 ± 615,2	236,3 – 3919,3

Tablo 2: EKK ile tahmin edilen regresyon katsayıları**Table 2:** Regression Coefficients Estimated by OLS

Değişkenler	β katsayısı	S(β)	T değeri	P değeri	Güven aralığı (%95)	
					Min	Maks
Model sabiti	-9848,2	1871,9	-5,3	0,000	-13574,9	-6121,6
Yaş (hafta)	-28,7	2,2	-13,2	0,000	-33,0	-24,4
Yumurta ağırlığı (gr)	157,4	22,0	7,1	0,000	113,5	201,3
Canlı ağırlık(kg)	3208,1	1993,4	1,6	0,102	-760,3	7176,6
R ²				0,96		
RMSE				132,3		

β: Regresyon katsayıları, S(β): Regresyon katsayılarının standart hatası, R²: Belirtme katsayısı, RMSE: Hata kareler ortalamasının karekökü

Bağımsız değişkenler aralarındaki korelasyonlar ve hesaplanan VIF değerlerine göre çoklu bağlantı sorununun varlığından bahsedilebilir. Tüm değişkenler için hesaplanan VIF değerlerinin 10'dan büyük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar ve VIF değerleri**Table 3:** Correlations between independent variables and VIF values

Değişkenler	Canlı ağırlık(kg)	Yaş (hafta)	Yumurta ağırlığı (gr)	VIF Değerleri
Canlı ağırlık(kg)	1	-0,90	-0,98	91,2
Yaş (hafta)	-0,90	1	0,81	12,4
Yumurta ağırlığı (gr)	-0,98	0,81	1	49,7

Korelasyon matrisinin özdeğerleri ve koşul indeksine (KI) göre özdeğerlerin sıfıra yakın çıkması, üç ve dördüncü özdeğere ait KI değerinin 30'dan yüksek hesaplanması ciddi çoklu bağlantının sorunun olduğunu göstermiştir (Tablo 4).

Çoklu bağlantı sorununda alternatif yöntemlerinden olan Ridge tahmin edicisinde yanlılık sabiti K değeri, tüm VIF değerlerinin 10'dan küçük olduğu K =0,02 olarak belirlenmiştir. Ridge tahmin edicisi ile değişkenlere ait standart hatalar, EKK regresyonuna göre daha düşük çıkmıştır. Bu tahmin edicide K =0,02 yanlılık sabiti ile regresyon katsayılarının daha durağan hale geldiği görülmüştür. Kurulan modelin belirtme katsayısı R² = 0,95 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 4: Özdeğerler ve Koşul indeksleri**Table 4:** Eigenvalues and condition indices

No	Özdeğerler	Oran	Kümülatif Oran	KI (Koşul indeksi)
1	3,91	97,70	97,70	1,0
2	0,09	2,27	99,96	6,6
3	0,00	0,04	100,00	52,1
4	0,00	0,00	100,00	542,1

Liu tahmin edicisinde, yanlılık parametresi $d=0,01$ seçildiğinde regresyon katsayılarının standart hataları EKK'e ve Ridge'ye göre daha düşük hesaplanmıştır. Modelin belirtme katsayısı $R^2 = 0,95$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 5: Ridge Tahmin Sonuçları ($K=0,02$)**Table 5:** Ridge Estimation Results ($K=0.02$)

Değişkenler	β katsayısı	S(β)	t değeri	P değeri	Güven aralığı (%95)	
					Min	Maks
Model sabiti	-9657,0					
Yaş (hafta)	-26,9	228,3	25,2	< 0,01	-474,3	420,5
Yumurta ağırlığı (gr)	142,0	282,6	21,3	< 0,01	-411,8	695,8
Canlı ağırlık(kg)	3599,0	332,7	6,9	< 0,01	2946,8	4251,2
R^2				0,95		
RMSE				130,5		

β : Regresyon katsayıları, S(β): Regresyon katsayılarının standart hatası, R^2 : Belirtme katsayısı, RMSE: Hata kareler ortalamasının karekökü

LASSO tahmin edicisi sonuçlarına göre modelde değişken seçimi yapılmış, canlı ağırlık değişkeni model dışı bırakılmış, yaş ve yumurta ağırlığı değişkenlerinin geliri tahmin etmede en yüksek açıklama miktarına sahip değişkenler olduğu belirlenmiştir. Kurulan modelin belirtme katsayısı $R^2 = 0,97$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 6: Liu Tahmin Sonuçları ($d=0,01$)**Table 6:** Liu Estimation Results ($d=0.01$)

Bağımsız Değişkenler	β	S(β)	T değeri	P değeri	%95 lik Güven aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Model sabiti	-6894,6	307,9	-22,4	<0,01	-7498,1	-6291,2
Yaş (hafta)	-25,6	0,9	-27,3	<0,01	-27,4	-23,7
Yumurta ağırlığı (gr)	191,3	4,8	40,3	<0,01	182,0	200,6
Canlı ağırlık(kg)	48,0	28,7	1,7	0,09	-8,2	104,3
R^2				0,95		
RMSE				56,2		

β : Regresyon katsayıları, S(β): Regresyon katsayılarının standart hatası, R^2 : Belirtme katsayısı, RMSE: Hata kareler ortalamasının karekökü

Tablo 7: LASSO Tahmin Sonuçları**Table 7:** LASSO Estimation Results

Bağımsız Değişkenler	β	S(β)	T değeri	P değeri	%95 lik Güven aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Model sabiti	-6258,1					
Yaş (hafta)	-24,3	1,4	-17,5	<0,001	-25,8	-20,5
Yumurta ağırlığı (gr)	179,9	9,5	19,0	<0,001	161,2	198,5
Canlı ağırlık(kg)						
R ²				0,97		
RMSE				129,5		

β : Regresyon katsayıları, S(β): Regresyon katsayılarının standart hatası, R²: Belirtme katsayısı, RMSE: Hata kareler ortalamasının karekökü

Çalışma sonucunda, bir yumurta tavukçuluğu işletmesinde haftalık yumurta satışı gelirini (\$) tahmin eden değişkenlere ilişkin;

EKK regresyon modeli;

$$\text{Gelir (\$)} = -9848,2 - 28,7 * \text{yaş(hafta)} + 157,4 * \text{yumurta ağırlığı(gr)} + 3208,1 * \text{canlı ağırlık(kg)}$$

Ridge regresyon modeli;

$$\text{Gelir (\$)} = -9657 - 26,9 * \text{yaş(hafta)} + 142 * \text{yumurta ağırlığı(gr)} + 3599 * \text{canlı ağırlık(kg)}$$

Liu tahmin edicisi modeli;

$$\text{Gelir (\$)} = -6894,6 - 25,6 * \text{yaş(hafta)} + 191,3 * \text{yumurta ağırlığı(gr)} + 48 * \text{canlı ağırlık(kg)}$$

LASSO tahmin edicisi modeli;

$$\text{Gelir (\$)} = -6258,1 - 24,3 * \text{yaş(hafta)} + 179,9 * \text{yumurta ağırlığı(gr)}$$

şeklinde kurulmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Hayvancılık sektöründe verim özellikleri ve ekonomik göstergeler çok sayıda faktöre bağlı olarak değişim gösterir. Bu özellikler arasındaki sebep-sonuç ilişkisini ortaya çıkarabilmek adına ekonometrik yaklaşımların kullanıldığı çalışmalar son yıllarda önem kazanmıştır. Maliyet unsurlarının belirlenerek gelir veya kar tahminlerinin yapılması, değişkenler arasındaki ilişkilerin doğru olarak modellenmesi, üreticiye üretim planlaması aşamasında katkı sağlayacak ve yapılacak olan yorumları güçlendirecektir. Hayvancılık verilerinde uygulanan modelleme çalışmalarında çoklu bağlantı sorunu ile sıklıkla karşılaşılabilir. Modelin tahmin performansını iyileştirmek ve çoklu bağlantı sorunun olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicileri gelmektedir. Bunların yanında Kısmi en küçük kareler, Temel bileşenler regresyonu, Elastik net, Genelleştirilmiş maksimum entropi (GME) kullanılması da önerilmiştir (30-33).

Bu çalışmada, EKK yöntemi ile kurulan modelde bağımsız değişkenler arasında yüksek derecede korelasyon olmasına bağlı ortaya çıkan çoklu bağlantı sorununun modelin tahmin yeteneğini olumsuz etkileyeceği ve bağımsız değişkenlerin katsayılarının belirsiz hale gelmesine yol açacağı düşünülerek alternatif olarak önerilen Ridge, Liu ve LASSO tahmin edici yöntemleri kullanılmış ve model başarı kriterleri sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmada EKK yöntemi ile yapılan parametre tahmininde bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon nedeniyle, VIF değerleri 10'dan ve KI değerlerinin de 30'dan büyük olması ve modelin R² değerinin yüksek hesaplanması çoklu bağlantı sorunu olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, Ridge tahmin edicisini kullanılmış ve hesaplanan belirtme katsayısının, EKK yöntemi ile elde edilene benzer olduğu belirlenmiştir. Ancak, Ridge tahmin edicisinde hesaplanan RMSE değerlerinin EKK'ye göre daha küçük olduğu görülmüştür. Hesaplanan katsayılar göre elde edilen sonuçlar EKK ve Ridge yöntemlerinin karşılaştırıldığı diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (34,35). Çalışmanın uygulanan Liu tahmin edicisinde de hesaplanan belirtme katsayısı EKK ve Ridge tahmin edicisi ile benzer, RMSE değeri ise daha küçük hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar üç yöntemin karşılaştırıldığı çalışmalar ile uyumlu

bulunmuştur (36,37). Diğer bir alternatif olarak uygulanan LASSO tahmin edicisinde modelin belirtme katsayısı en yüksek ($R^2 = 0,97$) hesaplanmıştır. LASSO tahmin edicisinde veri setinden 3 değişken (yaş, yumurta ağırlığı ve Canlı ağırlık) modele dahil edilmiş, sonrasında elde edilen iterasyonlarda değişken seçimi yapılmış ve 2 değişken ile (Yaş ve Yumurta ağırlığı) model oluşturulmuştur. LASSO tahmin edicisinin RMSE değeri ise EKK ve Ridge tahmin edicisinden daha düşük, ancak Liu tahmin edicisinden daha büyük bulunmuştur. Bu kriterlere göre uygulamada kullanılan veri seti için elde edilen sonuçlar doğrultusunda Ridge, Liu ve LASSO tahminleri birbirlerine yakın bulunmuş ancak Liu tahmin edicisinin nispeten daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmada uygulanan tüm yanlış tahmin yöntemleri, EKK yöntemine göre daha sağlıklı ve güvenilir tahminler sağlamıştır. Bu durum literatürde yapılan çalışmalar ile benzer özellik göstermiştir (38, 39).

Çalışma sonucunda yumurta tavukçuluğunda satış gelirinin tahmininde, bağımsız değişkenler arasında belirlenen güçlü çoklu doğrusal bağlantı sorunundan dolayı önerilen Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicileri, EKK yönteminden daha geçerli tahminler sağlamıştır. Elde edilen bu tahminlerden en küçük RMSE değerini veren tahminin ise Liu tahmin edicisine ait olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada üç değişken ile kurulan model, LASSO tahmin edici yönteminde iki değişkene indirilmiş ancak modelin RMSE değeri yüksek hesaplanmıştır. LASSO tahmin edicisinin değişken sayısının fazla olduğu durumlarda kullanılmasının daha uygun olduğu bildirilmiştir (32).

Özellikle üretim sektöründe tahminler içeren çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan çoklu bağlantı sorununda alternatif olarak Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinin kullanılması tahmin gücünü artıracak, üreticiye üretim planlaması aşamasında daha geçerli ve güvenilir sonuçlar sunacaktır. Bu çalışmada da verilerinin kullanıldığı, hayvancılıkta çok önemli ekonomik bir faaliyet olan yumurta tavukçuluğunda, gelir ile ilişkili değişkenlerin doğru olarak belirlenmesi ve modellenmesi, üreticilere üretim planlaması aşamasında katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarları arasında bu çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Kaynak Beyanı

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı Beyanı (Makale yazım dili İngilizce ise: Authors' Contributions)

Fikir/kavram: Ayşe YENER, Ali Alparslan SAYIM, Aytaç AKÇAY
Deney tasarımı: Ayşe YENER, Ali Alparslan SAYIM, Aytaç AKÇAY
Denetleme/Danışmanlık: Ayşe YENER, Aytaç AKÇAY
Veri toplama: Ayşe YENER, Aytaç AKÇAY
Veri analizi ve yorum: Ayşe YENER, Aytaç AKÇAY
Kaynak taraması: Ayşe YENER, Ali Alparslan SAYIM
Makalenin yazımı: Ayşe YENER, Ali Alparslan SAYIM, Aytaç AKÇAY
Eleştirel inceleme: Aytaç AKÇAY

Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

Kaynaklar

1. Alpar R. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Ankara: Detay Yayıncılık; 2013.
2. Eberly LE. Multiple linear regression. In: Topics in biostatistics. Springer; 2007. p. 165–87.
3. Akçay A, Sariözkan S. Yumurta tavukçuluğunda gelirin Ridge Regresyon analizi ile tahmini. Ankara Üniv Vet Fak Derg. 2015;62:69–74.
4. Bansal S, Singh G. Multiple linear regression-based analysis of weather data: assumptions and limitations. In: Shaw RN, Paprzycki M, Ghosh A, editors. Advanced Communication and Intelligent Systems. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023. p. 221–38.
5. Albayrak AS. Çoklu doğrusal bağlantı halinde en küçük kareler tekniğinin alternatifi yanlı tahmin teknikleri ve bir uygulama. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. 2005;1(1):105–26.
6. Topal M, Eydurhan E, Yağanoğlu M, Sönmez AY, Keskin S. Çoklu doğrusal bağlantı durumunda ridge ve temel bileşenler regresyon analiz yöntemlerinin kullanımı. Atatürk Ü Zir Fak Der. 2010;41(1):53–7.
7. Farrar DE, Glauber RR. Multicollinearity in regression analysis: the problem revisited. Rev Econ Stat. 1967;92:107.
8. Draper RN, Smith H. Applied Regression Analysis. US: Wiley Series in Probability & Statistics; 1998. p. 327–8.
9. Marquardt DW, Snee RD. Ridge regression in practice. Am Stat. 1975;29(1):3–20.
10. Montgomery DC, Peck EA. Introduction to Linear Regression Analysis. US: Wiley Series in Probability & Statistics; 1992.
11. Hoerl AE, Kennard RW. Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems. Technometrics. 1970;12(1):55–67.
12. Kejian L. A new class of biased estimate in linear regression. Commun Stat Theory Methods. 1993;22(2):393–402.
13. Acharjee A, Finkers R, Visser R, Maliepaard C. Comparison of regularized regression methods for omics data. Metabolomics. 2013;3(3):1–9.
14. Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the LASSO. J R Stat Soc Series B Stat Methodol. 1996;58(1):267–88.
15. Efron B, Hastie T, Johnstone I, Tibshirani R. Least angle regression. Ann Stat. 2004;32:407–99.
16. Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH, Friedman JH. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer; 2009.
17. Erişoğlu M, Yaman N. Ridge tahminine dayalı kantil regresyon analizinde yanlılık parametresi tahminlerinin performanslarının karşılaştırılması. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2019;1(2):103–11.
18. Altelbany S. Evaluation of ridge, elastic net and LASSO regression methods in precedence of multicollinearity problem: a simulation study. J Appl Econ Bus Stud. 2021;5(1):131–42.
19. Riley RD, Snell KI, Martin GP, Whittle R, Archer L, Sperrin M, et al. Penalization and shrinkage methods produced unreliable clinical prediction models especially when sample size was small. J Clin Epidemiol. 2021;132:88–96.
20. Bastiaan RM, Salaki DT, Hatidja D. Comparing the performance of prediction model of Ridge and Elastic Net in correlated dataset. Oper Res Int Conf Ser. 2022;3(1):8–13.
21. Cho S, Kim H, Oh S, Kim K, Park T, editors. Elastic-net regularization approaches for genome-wide association studies of rheumatoid arthritis. BMC Proc. 2009. Springer.

22. Kohannim O, Hibar DP, Stein JL, Jahanshad N, Hua X, Rajagopalan P, et al. Discovery and replication of gene influences on brain structure using LASSO regression. *Front Neurosci.* 2012;6:115.
23. de Vlaming R, Groenen PJ. The current and future use of ridge regression for prediction in quantitative genetics. *Biomed Res Int.* 2015;2015:143712.
24. Pripp AH, Stanišić M. Association between biomarkers and clinical characteristics in chronic subdural hematoma patients assessed with LASSO regression. *PLoS One.* 2017;12(11):e0186838.
25. Usman M, Doguwa S, Alhaji B. Comparing the prediction accuracy of ridge, lasso and elastic net regression models with linear regression using breast cancer data. *Bayero J Pure Appl Sci.* 2021;14(2):134–49.
26. Üçkardeş F, Efe E, Nariñ D, Aksoy T. Japon bildircinlarında yumurta ak indeksinin ridge regresyon yöntemiyle tahmin edilmesi. *Akad Ziraat Derg.* 2012;1(1):11–20.
27. Çiftsüren MN, Akkol S. Prediction of internal egg quality characteristics and variable selection using regularization methods: ridge, LASSO and elastic net. *Arch Anim Breed.* 2018;61(3):279–84.
28. Bovans White product performance [Internet]. Available from: <http://www.isapoultry.com/en/products/bovans/bovans-white/>. Cited 2014 Jan 2.
29. Yumurta Üreticileri Merkez Birliği [Internet]. Available from: <https://www.yum-bir.org/Yumurta/FiyatListele.aspx>. Cited 2024 Jun 3.
30. Özel SÖ, Gezer F. Çoklu doğrusal bağlantı problemi altında tahmin edicilerin karşılaştırılması: Genelleştirilmiş Maksimum Entropi, Ridge, Liu. *Dumlupınar Univ Soc Sci J.* 2020;(66):82–96.
31. Çabuk HA, Özel SÖ. Çoklu iç ilişki sorunu olan regresyon modelinin HKO ölçütü ile bir etkin tahmin edicisi. *Çukurova Univ Soc Sci Inst J.* 2017;26(3):13–25.
32. Orhan H, Vergili M. Genomik veri setlerinin LASSO ve elastik net regresyon yöntemleri ile analizi. *SDU J Health Sci Inst.* 2022;13(3):485–96.
33. Çabuk A, Akdeniz F. İçilişki ve genelleştirilmiş maksimum entropi tahmin edicileri. *İstatistik Araştırma Derg.* 2007;5(2):1–19.
34. Büyüksal MÇ, Öz İİ. Çoklu doğrusal bağlantı varlığında en küçük karelere alternatif yaklaşım: Ridge regresyon. *Düzce Univ Sağlık Bilim Enst Derg.* 2016;6(2):110–4.
35. Yüzbaşı B, Pala M. Ridge regresyon parametre seçimi: Türkiye'nin doğrudan yabancı yatırım örneği. *İstatistikçiler Derg İstatistik Aktüerya.* 2022;15(1):1–18.
36. Çoşkuntuncel O. Sosyal bilimlerde yanlı regresyon tahmin edicilerinin kullanılması. *J Meas Eval Educ Psychol.* 2010;1(2):100–8.
37. Gökçe A, Evren A. Çoklu bağlantı ve Ridge, Liu, zaman serisi kestiricisi ile Türkiye'nin ihracat modeli için bir uygulama. *Proceedings of the 13th Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi; 2022 Mar; Elazığ. Elazığ: Asos Yayın Evi; 2022. p. 73–81.*
38. Melkumova L, Shatskikh SY. Comparing Ridge and LASSO estimators for data analysis. *Procedia Eng.* 2017;201:746–55.
39. Küçük A. Doğrusal regresyonda Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicileri üzerine bir çalışma. *Ankara: Hacettepe Univ Fen Bilimleri Enst; 2019.*



doi 10.33188/vetheder.1527937

Araştırma Makalesi / Research Article

Are cardiac and oxidant-antioxidant status different in female cats in sexual cycle?

Işhak GÖKÇEK^{1,a*}, Ahmet GÖZER^{2,b}

¹ Hatay Mustafa Kemal University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Physiology, Hatay, Türkiye

² Hatay Mustafa Kemal University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Obstetrics and Gynaecology, Hatay, Türkiye

0000-0002-0590-6405^a; 0000-0001-8658-5916^b

MAKALE BİLGİSİ /
ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

04 Ağustos 24
04 August 24

Revizyon/Revised:

12 Aralık 24
12 December 24

Kabul / Accepted:

16 Aralık 24
16 December 24

Keywords:

Domestic cats
Cardiac status
Oxidant-antioxidant
status
Sexual cycle

Anahtar Sözcükler:

Evcil kediler
Kardiyak durum
Oksidan-antioksidan
durum
Seksüel siklus

ABSTRACT

This study aimed to investigate the levels of cardiac troponin I (cTnI), malondialdehyde (MDA), glutathione (GSH), and glutathione peroxidase (GSH-Px) during the sexual cycle in domestic female cats. For this purpose, blood samples were collected from twenty-six cats, with an equal number of animals in each group. The cats were divided into two groups luteal and non-luteal periods based on their progesterone levels. Malondialdehyde was used to assess the oxidant status, while GSH and GSH-Px were used to evaluate the antioxidant status. Cardiac troponin I levels were measured to assess cardiac status. The results revealed no significant differences in cardiac troponin I, MDA, or GSH levels between the groups, while GSH-Px levels showed a statistically significant difference. In conclusion, further research is necessary to explore the molecular mechanisms involved in the sexual cycle of domestic female cats

Dişi kedilerde kardiyak ve oksidan-antioksidan durum seksüel siklus dönemlerinde farklı mıdır?

ÖZET

Bu çalışmada seksüel siklus dönemindeki evcil dişi kedilerde kardiyak troponin I (cTnI), malondialdehid (MDA), glutatyon (GSH) ve glutatyon peroksidaz (GSH- Px) düzeylerinin araştırılması amaçlandı. Bu amaç doğrultusunda her grupta eşit sayıda hayvan olacak şekilde yirmi altı adet kediden kan örnekleri alınarak progesteron seviyelerine göre luteal ve non-luteal dönem olmak üzere iki gruba ayrıldı. Elde edilen kan örneklerinde oksidan durum değerlendirilmesi amacıyla MDA, antioksidan durum için GSH, GSH-Px; kardiyak durum için ise kardiyak troponin I seviyeleri ölçüldü. Elde edilen kan örneklerinde kardiyak troponin I, MDA ve GSH seviyelerinin gruplar arası istatistiksel farklılığa neden olmadığı görülürken GSH- Px'in ise iki grup arasında istatistiksel anlamda birbirinden farklı olduğu görüldü. Sonuç olarak evcil dişi kedilerde seksüel siklus dönemindeki moleküler mekanizmaların ortaya konması amacıyla daha ileri araştırmaların yapılması gerekliliği görülmektedir.

©2025 The Authors.
Published by Veteriner
Hekimler Derneği. This is
an open access article
under CC-BY-NC license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



How to cite this article: Gökçek İ, Gözer A. Are cardiac and oxidant-antioxidant status different in female cats in sexual cycle?. Vet Hekim Der Derg. 2025;96(1):23-31.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: igokcek@mku.edu.tr

1. Introduction

In recent years, there has been an increase in studies focused on the sexual cycle period in female cats (1,2). Cats are seasonal polyestrous animals that are affected by light and show multiple oestrus during the season and then enter a non-cyclic anoestrous period (3). In addition, cats show provoked ovulation, unlike other seasonal polyestrous animals, and the estrous cycle involves prooestrus, oestrus, interoestrus and dioestrus (if ovulation has occurred) (4). Reproductive hormones such as estrogen (E_2), progesterone (P_4), and androgen fluctuate throughout the sexual cycle (5). In addition, a study revealing the relationship between the fluctuating course of reproductive hormone levels and reproductive receptors in cats revealed changes in estrogen and progesterone receptors during the estrous cycle (6,7). Evidence suggests the existence of multiple regulatory mechanisms connecting nervous, endocrine, and cardiac functions (8). For instance, estrogens play a crucial role in regulating cardiomyocyte functions (9).

A close relationship exists between cardiac function and changes in reproductive hormones during the sexual cycle (8,10). Given the interconnections between the endocrine and cardiovascular systems, hormonal changes inevitably impact cardiovascular function (7,10). It has been reported that cyclic changes in sex hormones controlled by the reproductive cycle in humans or rodents overlap with changes in vascular function (11). A study observed that serum E_2 and P_4 changes affected ventricular premature beats and cardiac repolarisation parameters, and estradiol peak reduced ventricular arrhythmias (12). Also, it has been reported that hormonal changes during the sexual cycle affect cardiac potassium channels (10).

Recognizing the role of oxidative stress in physiological processes, maintaining a precise balance between oxidative and antioxidant states is essential for proper steroidogenesis, angiogenesis, embryo implantation, pregnancy, and childbirth (1,14). It is known that oxidative stress under physiological conditions, in which free radicals increase, affects many reproductive activities such as oocyte maturation, fertilisation, embryo development and pregnancy (13). Antioxidant enzymes, in addition to reproductive hormones, play crucial roles in regulating reproductive functions in cats, and alterations in these enzymes can lead to reproductive dysfunctions such as infertility, anovulation, and abortion (1). Studies on women have reported that oxidative stress is formed under physiological conditions in different menstrual cycle periods (14,15). It has been reported that hypoestrogenism, seen especially after menopause, is associated with high oxidative stress. However, regular fluctuations in estrogen levels occurring during the menstrual cycle do not trigger oxidative stress (16). In addition, another study conducted in women reported that oxidative stress did not change during the menstrual cycle (17). On the other hand, in a study, it was observed that biomarkers of oxidative stress, such as hydrogen peroxide and thiobarbituric acid, were high in the luteal phase of the sexual cycle in women with regular sexual cycles (18). In addition, another study reported that oxidative stress is formed in approximately two-thirds of the menstrual cycle in women (15).

The overpopulation of stray cats, the adoption of cats as pets, and the growing trend of cat breeding in European countries have increased awareness among owners regarding their cats' reproductive physiology (19,20). In addition, the similarities between cat oocytes and human oocytes have attracted the attention of many researchers in the field of reproduction (21). Therefore, studies regarding the feline reproduction biology have grown drastically recently (22). Particularly, the interplay between oxidative stress, steroid hormones, and cardiac function is receiving increasing attention. Estrogens have antioxidant properties, and their deficiency leads to an increase in reactive oxygen species. This phenomenon is observed following ovariohysterectomy in cats (23,24). *Gözer et al.* (23) stated that ovariohysterectomy caused significant changes in the oxidant-antioxidant balance after the ovariohysterectomy in short term while in long term. *Torabi et al.* (24) described that the effect of ovariohysterectomy on oxidant-antioxidant balance is insignificant in long term in cats. Also, the effect of estrogen and progesterone hormones on cardiac function and structures was well described in cats (25,26). In addition, antioxidant enzymes are expressed differentially in the uterus during the estrus cycle of the cats, which indicates the regulatory roles of the antioxidant system on the uterine proliferation (1).

Despite the relationship between the oxidative stress, ovariohysterectomy, and cardiac function, blood cardiac parameters and oxidant-antioxidant enzymes during different periods of the sexual cycle in female cats have not been sufficiently elucidated. This study aimed to investigate the changes in cardiac function and oxidative-antioxidative

status at different stages of the sexual cycle in cats by measuring cardiac troponin I, malondialdehyde (MDA), glutathione (GSH), and glutathione peroxidase (GSH-Px) levels.

2. Material and Methods

Animals

After ethical approvals were obtained, the samples to be used in the study were obtained from animals brought to Hatay Mustafa Kemal University Veterinary Health Practice and Research Hospital Directorate. This study used 6-20-month-old female cats showing oestrus at least once. In the study, after evaluating the animals' general health, cats that showed no gynecological pathological symptoms, had not been administered medroxyprogesterone acetate, had not been in contact with or mated with a male cat, and exhibited regular estrus were included. Also, cats that had previously experienced pyometra and did not show estrus were excluded from the study.

Experimental design and groups of study

After the cats were restrained, blood samples were taken from the v. cephalica. Blood sera were obtained after centrifugation at 5000 rpm for 10 minutes. Progesterone levels were meticulously measured in serum samples, and study groups were formed. In this study, cats were categorized according to their sexual cycle phases into two groups, luteal and non-luteal, with an equal number of animals in each group (n = 26). A P₄ level greater than 1.5 ng/ml was considered a luteal period and included in the luteal group, while those with a P₄ level less than 1.5 ng/ml were determined as non-luteal (27). Progesterone levels were measured using electrochemiluminescence immunoassay test kits on the Atellica IM analyzer (Siemens Healthineers) which has been validated for cats (23,28). The results obtained were expressed as ng/ml.

Cardiac troponin I (cTnI) analysis

Cardiac troponin I (cTnI) levels in the blood samples obtained were measured with an Atellica IM analyzer (Siemens Healthineers) using electrochemiluminescence immunoassay kits. The results obtained were expressed as ng/ml.

MDA, GSH, and GSH-Px analyses

Malondialdehyde, glutathione, and glutathione peroxidase levels in sera obtained from blood samples were measured by spectrometric method. MDA levels, an index of lipid peroxidation, and one of the thiobarbituric acid species were measured according to the method described by *Placer et al.* (29). GSH was measured by the yellow-colored GSH molecules formed by 5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid; DTNB) according to *Sedlak and Lindsay's* method (30). GSH-Px was also analyzed according to the method described by *Lawrence et al.* (31). The Shimadzu UV1700 spectrometer was used for these analyses. MDA and GSH were expressed as nmol/ml and GSH-Px as IU/L.

Data analyses

Normality and variance homogeneity tests were performed for all variables obtained. Normality analysis of the variables was performed using the Shapiro-Wilk test, and the Levene test performed homogeneity of variance analysis. For the variables found to be generally distributed as a result of the Shapiro-Wilk test and the variances found to be equal as a result of the Levene test, the differences between the groups were analyzed using the independent sample T-test. Appropriate nonparametric tests (Mann-Whitney U test) were used for variables that did not meet normality or were not homogenous. All statistical analyses were performed at a 5% significance level (p < 0.05). Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 23, and all results were expressed as mean ± standard error of the mean (Mean ± SEM).

3. Results

Cardiac troponin I (cTnI) levels

There was no statistically difference in terms of Cardiac troponin I levels between the non-luteal (0.019 ± 0.003 ng/ml) and luteal (0.013 ± 0.002 ng/ml) groups. Cardiac troponin I values are shown in **Figure 1**.

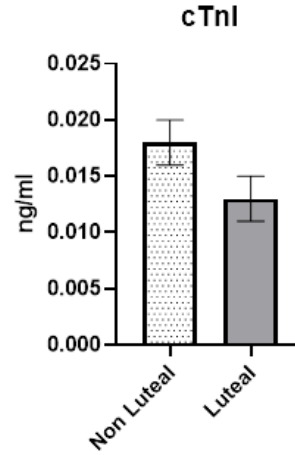


Figure 1: Cardiac troponin I level of non-luteal and luteal groups, (Mean \pm Std. Error of Mean)

Şekil 1: Non- luteal ve luteal gruplara ait kardiyak troponin I seviyeleri, (Aritmetik Ort. \pm Std. Hata)

MDA, GSH and GSH-Px levels

The MDA levels measured 33.679 ± 0.829 nmol/ml in the non-luteal group and 31.472 ± 0.790 nmol/ml in the luteal group, with no significant statistical difference noted between them. MDA levels are illustrated in Figure 2a.

GSH levels were measured at 3.936 ± 0.047 nmol/ml in the non-luteal group and 4.154 ± 0.096 nmol/ml in the luteal group, with no statistically significant difference between them. GSH levels are depicted in Figure 2b.

Upon comparison of both groups, GSH-Px levels were found to be 158.005 ± 5.413 IU/L in the non-luteal group and 129.401 ± 10.640 IU/L in the luteal group, with a statistically significant difference between the two periods ($p = 0.025$). GSH-Px levels are shown in Figure 2c.

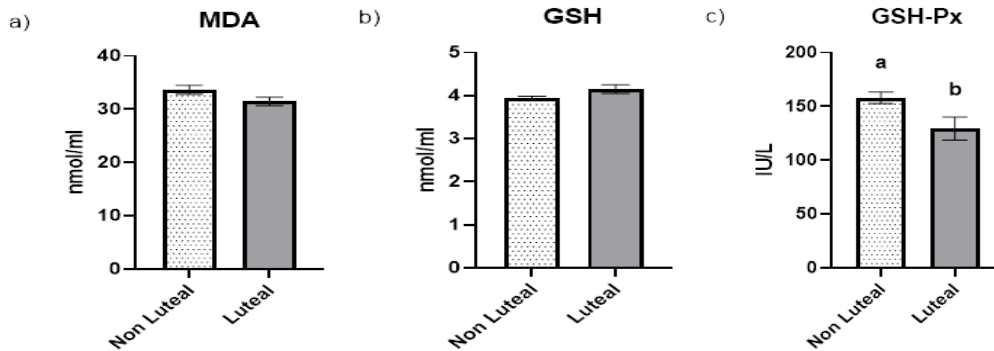


Figure 2: a. Malondialdehyde (MDA), **b.** Glutathione (GSH), **c.** Glutathione Peroxidase (GSH-Px) levels in the groups, (Mean \pm Std. Error of Mean). The columns' letters indicate statistical differences.

Şekil 2: Gruplara ait **a.** MDA **b.** GSH ve **c.** GSH-Px seviyeleri, (Aritmetik Ort. \pm Std. Hata). Sütunlar üzerinde harfler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.

4. Discussion and Conclusion

Sex hormones influence numerous physiological processes, including various cardiovascular functions, with effects that may vary depending on fluctuations in hormone levels during pregnancy or estrus (32). Numerous studies have shown that changes in reproductive hormones cause changes in the cardiovascular system (10,12,33,34). For example, in a study, it was reported that sex hormones have effects on potassium channels in the vascular system (10). In addition, it has been reported that increased estrogen levels in the physiological menstrual cycle in women have inotropic and chronotropic effects (12). It is stated that changing electrocardiography (ECG) findings during a normal menstrual cycle may be related to sex hormones such as estrogen and progesterone, and it may cause opposite effects on the heart (33,35,36). In a study on the QT interval of sex hormones, it was reported that estradiol prolonged the corrected QT interval (QTc), but progesterone showed the opposite effect (34). A study reported that the frequency of ventricular premature beats decreased as the estradiol peak increased during ovulation (12). In addition, it has been demonstrated that estrogen therapy prevents ventricular arrhythmias in postmenopausal women with ventricular premature beats (37). However, it has also been reported that abnormal cardiac pathologies such as arrhythmias and premature beats are not observed in Holter monitoring performed at two different periods of the menstrual cycle in women (8). A study in women found that cardiac output was higher in the mid-luteal phase compared to the mid-follicular phase (38). Additionally, long-term estrogen deficiency has been linked to reduced cardiomyocyte contractility in animal studies (9). Hormonal fluctuations throughout the menstrual cycle are dynamic in women (32). While these menstrual hormonal changes are commonly associated with conditions such as migraines and irritable bowel syndrome, one study observed recurrent elevations in cardiac troponin levels during menstrual periods (39).

The molecular structure of cardiac troponin I is somewhat similar in mammalian species, and cardiac troponins are measured in addition to echocardiography and electrocardiography, providing information about the state of cardiomyocytes in cardiac and non-cardiac patients (40,41). In addition, cardiac biomarkers have been used for many years as part of the clinical evaluation of heart disease, especially in dogs and cats (42,43). In this study, although there was a difference between the mean cardiac troponin levels between the two periods of the sexual cycle in cats, statistical significance was not observed.

It is stated that there is a relationship between estrogen and progesterone, which are reproductive hormones, and oxidative stress, and that this relationship starts near the estrogen peak and is slightly decreased in the progesterone hormone phase; however, this situation is normal under physiological conditions (44). Oxidative stress changes occurring in the phases of the menstrual cycle are related to reproductive hormones such as E₂, P₄, follicle-stimulating hormone (FSH), and luteinizing hormone (LH) (14). Oxidative stress peaks during E₂ and LH peaks, while oxidant-antioxidant status is in balance during the period when P₄ is dominant (14). In addition, while E₂ levels and GSH-Px were positively correlated, no correlation was observed with hormones such as FSH, LH, and P₄ (44). A study reported that oxidative stress reaches a peak level, primarily through antioxidant enzymes, during oocyte maturation and possible implantation in the late follicular and early luteal phase of the menstrual cycle (14). In addition, according to oxidative stress analysis performed in plasma samples taken daily during menstruation (27 days) in 20 healthy women, it was stated that oxidative stress was formed in approximately 2/3 of the cycle; however, this situation was physiological, and it was also reported that various phases of the cycle should be examined (15). In a study on the effects of menstrual cycle on redox balance and lipid peroxidation of endometrial tissue in 40 women aged 21-41 years, it was reported that no difference was observed in MDA levels in subjects divided into four menstrual periods as early proliferative, late proliferative, early secretory and late secretory according to endometrial samples, while statistical differences were observed in GSH, GSH-Px depending on the cycle (14). Another study observed that erythrocyte GSH-Px levels increased in the late follicular and luteal phases. In contrast, SOD and catalase levels did not change in the sexual cycle (44). However, in a study conducted in nine healthy women aged 18-44 years with regular sexual cycles, it was reported that there was no change in the oxidative stress status of blood samples taken on different days of the menstrual cycle (17).

A study on female cats was divided into three sexual cycle periods: proestrus/oestrus, dioestrus, and anoestrus. It was reported that the expression levels of superoxide dismutase one and catalase in uterine tissue did not change

during the cyclic periods; however, glutathione peroxidase was expressed lower during dioestrus than other periods (1). Given that the sexual cycle is a dynamic process with fluctuations in reproductive hormones, changes in oxidant and antioxidant status are expected at different stages of the cycle (15). However, a review of some studies reveals that certain oxidative stress biomarkers do not undergo significant changes across the phases of the sexual cycle (14,17,44). Similarly, in this study, MDA and GSH, which are oxidative stress parameters, were not statistically different in different periods of the sexual cycle; however, GSH-Px was statistically significantly higher in the first period of the cycle. This suggests that fluctuations in reproductive hormones may activate distinct oxidant-antioxidant molecular mechanisms; however, further research is needed to clarify these effects.

The present study was limited in several ways. First, the sample size was lower in this study. A larger sample size is needed to elucidate the effect of the cats' sexual period on the cardiac and oxidative stress parameters. Second, although cats are provoked-ovulatory animals which require matings, spontaneous ovulation can be seen in cats due to tactile, olfactory, auditory or visual stimuli (45). In addition, *Chatdarong et al.* (46) reported that adrenocorticotrophic hormone (ACTH) stimulation and routine blood sampling procedures can increase progesterone concentrations in cats. Therefore, a larger sample size is required to rule out the effect of handling-related stress and ovulation on the study design.

As a result, it was observed that cardiac troponin I, MDA and GSH levels were at similar levels in sexual cycle periods (luteal and non-luteal) in cats, but GSH-Px was higher in the non-luteal period compared to the luteal period. Based on these results, it is thought that further studies on this period in cats may provide important contributions to the cardiac and reproductive performances of cats.

Conflict of Interest

The author declared that there is no conflict of interest

Funding

This research received no grant from any funding agency/sector

Authors' Contributions

Motivation/Concept: İshak GÖKÇEK

Design: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Control/Supervision: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Data Collection and /or Processing: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Analysis and /or Interpretation: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Literature Review: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Writing the Article: İshak GÖKÇEK

Critical Review: İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER

Ethical Statement

All procedures involving study animals in the experiment were approved by Hatay Mustafa Kemal University Animal Experiments Local Ethics Committee (Decision No: 2024/04-05).

References

1. Nascimento AEJ, Santos LC, Santos BR, Santos EO, Cunha MCDSG, Snoeck PPDN, de Lavor MSL, Silva JF. Estrogen and progesterone receptors and antioxidant enzymes are expressed differently in the uterus of domestic cats during the estrous cycle. *Theriogenology*. 2023; 203:1-10.
2. Gözer A, Dogruer G, Gokcek I, Kutlu T, Bahan O, Yagci IP. Anti-müllerian hormone expression in the ovarian follicles and factors Related to serum anti-müllerian hormone concentrations in the domestic queens. *J Hellenic Vet Med Soc*. 2024; 75(1):6915-6924.
3. Eaton D, Lantermino A, Lapuente C, Blanco PG, Gobello C. Effect of artificial light in the female domestic cat reproduction: What we know so far? *Anim Reprod Sci*. 2023; 248:107173.
4. Johnson AK. Normal feline reproduction: The queen. *J Feline Med Surg*. 2022; 24(3):204-211.
5. Nilsson ME, Vandenput L, Tivesten Å, Norlén AK, Lagerquist MK, Windahl SH, Börjesson AE, Farman HH, Poutanen M, Benrick A, Maliqueo M, Stener-Victorin E, Ryberg H, Ohlsson C. Measurement of a comprehensive sex steroid profile in rodent serum by high-sensitive gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Endocrinology*. 2015; 156(7):2492-2502.
6. Li W, Boomsma RA, Verhage HG. Immunocytochemical analysis of estrogen and progestin receptors in uteri of steroid-treated and pregnant cats. *Biol Reprod*. 1992; 47(6):1073-1081.
7. Amelkina O, Zschockelt L, Painer J, Serra R, Villaespesa F, Krause E, Jewgenow K, Braun BC. Progesterone, estrogen, and androgen receptors in the corpus luteum of the domestic cat, Iberian lynx (*Lynx pardinus*) and Eurasian lynx (*Lynx lynx*). *Theriogenology*. 2016; 86(9):2107-2118.
8. Fuenmayor AJ, Araujo X, Fuenmayor AM. Cardiac arrhythmias during two different stages of the menstrual cycle. *Int J Cardiol*. 1998; 63(3):267-270.
9. Luo T, Kim JK. The role of estrogen and estrogen receptors on cardiomyocytes: An overview. *Can J Cardiol*. 2016; 32(8):1017-1025.
10. Baldwin SN, Jepps TA, Greenwood IA. Cycling matters: Sex hormone regulation of vascular potassium channels. *Channels (Austin)* 2023; 17(1):2217637.
11. Pabbidi MR, Kuppusamy M, Didion SP, Sanapureddy P, Reed JT, Sontakke SP. Sex differences in the vascular function and related mechanisms: role of 17 β -estradiol. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2018;315(6):1499-1518.
12. Dogan M, Yiginer O, Uz O, Kucuk U, Degirmencioglu G, Isilak Z, Uzun M, Davulcu E. The effects of female sex hormones on ventricular premature beats and repolarization parameters in physiological menstrual cycle. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2016; 39(5):418-426.
13. Agarwal A, Gupta S, Sharma RK. Role of oxidative stress in female reproduction. *Reprod Biol Endocrinol*. 2005; 3:28.
14. Serviddio G, Loverro G, Vicino M, Prigigallo F, Grattagliano I, Altomare E, Vendemiale G. Modulation of endometrial redox balance during the menstrual cycle: relation with sex hormones. *J Clin Endocrinol Metab*. 2002; 87(6):2843-2848.
15. Cornelli U, Belcaro G, Cesarone MR, Finco A. Analysis of oxidative stress during the menstrual cycle. *Reprod Biol Endocrinol*. 2013; 11:74.
16. Ishikawa A, Matsushita H, Shimizu S, Morita N, Hanai R, Sugiyama S, Watanabe K, Wakatsuki A. Impact of menopause and the menstrual cycle on oxidative stress in Japanese women. *J Clin Med*. 2023; 12(3):829
17. Browne RW, Bloom MS, Schisterman EF, Hovey K, Trevisan M, Wu C, Liu A, Wactawski-Wende J. Analytical and biological variation of biomarkers of oxidative stress during the menstrual cycle. *Biomarkers*. 2008;13(2):160–183.
18. Karowicz-Bilinska A, Plodzydym M, Krol J, Lewinska A, Bartosz G. Changes of markers of oxidative stress during menstrual cycle. *Redox Rep*. 2008; 13(5):237-40.
19. Kaya H, Bektaş M. A qualitative study of the reasons for employees' attachment to pets. *Med J Human*. 2019; 9(2), 401-417.

20. Fontbonne A. Infertility In Queens: Clinical approach, experiences and challenges. *J Feline Med Surg*. 2022; 24(9):825-836.
21. Comizzoli P, Wildt DE, Pukazhenthil BS. Impact of anisotonic conditions on structural and functional integrity of cumulus-oocyte complexes at the germinal vesicle stage in the domestic cat. *Mol Reprod Dev* 2008;75(2):345-354.
22. Banchi P, Rota A, Bertero A, Domain G, Ali Hassan H, Lannoo J, Van Soom A. Trends in small animal reproduction: A bibliometric analysis of the literature. *Animals (Basel)*. 2022; 12(3):336.
23. Gözer A, Bahan O, Gökçek İ, Kaya U, Uyanık G, Doğruer G. Short-term effects of ovariohysterectomy on some antioxidant parameters in cats. *J App Bio Sci*. 2023; 17(3), 432-439.
24. Torabi Asl M, Yasini SP, Shirazi Beheshtiha SH. Evaluation of antioxidant enzymes and lipid peroxidation before and after ovariohysterectomy in queen. *Iranian Vet J*. 2022; 18(1), 71-76.
25. Elyasi B, Nasarolahzade Masouleh M, Jahandideh A. Effect of ovariohysterectomy on queen myocardial function: echocardiographic evidence. *Vet Res Forum*. 2023; 14(9):495-499.
26. Elyasi B, Nasrollahzadeh-Masouleh M, Jahandideh, A. Evaluation of cardiac structure and function changes following ovariohysterectomy by echocardiographic measurements in immature cats. *Iranian J V Surg*. 2023; 18(1), 28-33.
27. Hamouzova P, Cizek P, Novotny R, Bartoskova A, Tichy F. Distribution of mast cells in the feline ovary in various phases of the estrous cycle. *Reprod Domest Anim*. 2017; 52(3):483-486.
28. Gozer A, Bahan O, Dogruer G, Kutlu T. Serum antimüllerian hormone concentrations in female cats. Relation with ovarian remnant syndrome, ovarian cysts and gonadectomy status. *Theriogenology*. 2023; 200:106-113.
29. Placer ZA, Cushman LL, Johnson BC. Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Anal Biochem*. 1966; 16(2):359-364.
30. Sedlak J, Lindsay RH. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Anal Biochem*. 1968;25(1):192-205.
31. Lawrence RA, Burk RF. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochem Biophys Res Commun*. 1976; 71(4):952-958.
32. Kwissa M, Krauze T, Mitkowska-Redman A, Banaszewska B, Spaczynski RZ, Wykretowicz A, Guzik P. Cardiovascular function in different phases of the menstrual cycle in healthy women of reproductive age. *J Clin Med*. 2022; 11(19):5861.
33. Furukawa T, Kurokawa J. Regulation of cardiac ion channels via non-genomic action of sex steroid hormones: implication for the gender difference in cardiac arrhythmias. *Pharmacol Ther*. 2007; 115(1):106-115.
34. Salem JE, Alexandre J, Bachelot A, Funck-Brentano C. Influence of steroid hormones on ventricular repolarization. *Pharmacol Ther*. 2016; 167:38-47.
35. Drici MD, Burklow TR, Haridasse V, Glazer RI, Woosley RL. Sex hormones prolong the QT interval and downregulate potassium channel expression in the rabbit heart. *Circulation*. 1996; 94(6):1471-1474.
36. Hulot JS, Démolis JL, Rivièrè R, Strabach S, Christin-Maitre S, Funck-Brentano C. Influence of endogenous estrogens on QT interval duration. *Eur Heart J*. 2003; 24(18):1663-1667.
37. Hu X, Wang J, Xu C, He B, Lu Z, Jiang H. Effect of estrogen replacement therapy on idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias in postmenopausal women. *Arch Cardiovasc Dis*. 2011; 104(2):84-88.
38. Chapman AB, Zamudio S, Woodmansee W, Merouani A, Osorio F, Johnson A, Moore LG, Dahms T, Coffin C, Abraham WT, Schrier RW. Systemic and renal hemodynamic changes in the luteal phase of the menstrual cycle mimic early pregnancy. *Am J Physiol*. 1997; 273(5):777-782.
39. Choo WK. Menstruation angina: a case report. *J Med Case Rep*. 2009; 3:6618.
40. Connolly DJ, Cannata J, Boswood A, Archer J, Groves EA, Neiger R. Cardiac troponin I in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Feline Med Surg*. 2003;5(4):209-216.
41. Langhorn R, Willeesen JL. Cardiac troponins in dogs and cats. *J Vet Intern Med*. 2016; 30(1):36-50.
42. Borgeat K, Connolly DJ, Luis Fuentes V. Cardiac biomarkers in cats. *J Vet Cardiol*. 2015;17(1):74-86.

-
43. Sleeper MM, Clifford CA, Laster LL. Cardiac troponin I in the normal dog and cat. *J Vet Intern Med.* 2001; 15(5):501-503.
 44. Massafra C, Gioia D, De Felice C, Picciolini E, De Leo V, Bonifazi M, Bernabei A. Effects of estrogens and androgens on erythrocyte antioxidant superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities during the menstrual cycle. *J Endocrinol.* 2000; 167(3):447-452.
 45. Pereira MC, Schrank M, Mollo A, Romagnoli S. Spontaneous ovulation in the cat: incidence among queens presented at a veterinary teaching facility. *J Feline Med Surg.* 2024; 26(7):1098612X241248351.
 46. Chatdarong K, Ponglowhapan S, Karlsson A, Linde-Forsberg C. The effect of ACTH stimulation on cortisol and progesterone concentrations in intact and ovariectomized domestic cats. *Theriogenology.* 2006; 66(6-7):1482-1487.



doi 10.33188/vetheder.1559069

Araştırma Makalesi / Research Article

Determination of *Staphylococcus aureus* isolation, identification and antibiotic susceptibility in raw milk**Pelin KOÇAK KIZANLIK^{1,a}, Melih DUYUK^{2,b}, Cemil ŞAHİNER^{1,c*}, Murat BOYACIOĞLU^{3,d}**¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye³ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Veterinerlik Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Aydın, TürkiyeORCID ID 0000-0002-9824-9271^a; 0009-0001-6952-8637^b; 0000-0003-4368-4732^c; 0000-0001-6952-8637^dMAKALE BİLGİSİ /
ARTICLE INFORMATION:

ABSTRACT

Geliş / Received:
07 Ekim 24
07 October 24Revizyon/Revised:
12 Aralık 24
12 December 24Kabul / Accepted:
30 Aralık 24
30 Aralık 24Anahtar Sözcükler:
Antibiyotik direnci
Çiğ süt
*S. aureus*Keywords:
Antibiotic resistance
Raw milk
S. aureus

Staphylococcus aureus in raw milk poses a potential risk to public health due to its toxin-producing strains and high levels of antibiotic resistance. In this study, the presence of *S. aureus* in raw milk and the antibiotic resistance profiles of the isolated strains were examined. A total of 100 raw milk samples were analyzed, and *S. aureus* contamination was detected in 47 samples at various levels. The contamination levels ranged from 2.00 to 4.99 log cfu/ml and 45.9% of the contaminated samples were found to be in the 3-4 log cfu/ml range. The mean of contamination level for positive samples was determined as 3.63±0.77 log cfu/ml. The minimum inhibitory concentration values for the antibiotics cefoxitin, methicillin, tetracycline, tylosin, florphenicol, neomycin, ciprofloxacin, lincomycin, and polymyxin B were determined using the broth microdilution method to examine the antibiotic resistance profiles of the isolated strains. It was determined that 13 (27.6%) of the *S. aureus* isolates were resistant to all the tested antibiotic groups. Additionally, all isolates were resistant to cefoxitin, methicillin, tylosin, and lincomycin, followed by resistance rates of 95.8% to florphenicol, 89.4% to neomycin, and 87.3% to polymyxin B. Furthermore, all isolates were observed to be multidrug-resistant (MDR). This study indicates that the contamination of raw milk with *S. aureus* and the antibiotic resistance profile pose a significant public health risk. The fact that all isolates were MDR limits treatment options and complicates infection control. These findings show the need for stricter hygiene practices in milk production processes and careful management of antibiotic use.

Çiğ sütlerde *Staphylococcus aureus* izolasyonu, identifikasyonu ve antibiyotik duyarlılığının belirlenmesi

ÖZET

Çiğ sütte *Staphylococcus aureus* varlığı, toksin üreten suşları ve yüksek antibiyotik direnci nedeniyle halk sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Bu çalışmada, çiğ sütlerde *S. aureus* varlığı ve izole edilen suşların antibiyotik direnç profili incelenmiştir. Araştırma kapsamında 100 çiğ süt numunesi incelenmiş, 47 örnekte çeşitli düzeylerde *S. aureus* kontaminasyonu saptanmıştır. Kontaminasyon düzeyleri 2,00 ile 4,99 log kob/ml arasında değişiklik göstermiş ve kontamine örneklerin %45,9'unun 3-4 log kob/ml aralığında olduğu belirlenmiştir. Pozitif örnekler için ortalama kontaminasyon değeri ise 3,63±0,77 log kob/ml olarak tespit edilmiştir. Çalışmada tespit edilen izolatların sefoksitin, metisilin, tetrasiklin, tilosin, florfenikol, neomisin, siprofloksasin, linkomisin ve polimiksin B antibiyotikleri için minimum inhibitör konsantrasyon değerleri broth mikrodilüsyon yöntemi kullanılarak antibiyotik direnç profilleri incelenmiştir. *S. aureus* izolatlarından 13'ünün (%27,6) incelenen tüm antibiyotik gruplarına dirençli olduğu tespit edilmiştir. İzolatların tamamının ise sefoksitin, metisilin, tilosin ve linkomisine dirençli olduğu, aynı zamanda izolatların %95,8'inde florfenikol, %89,4'ünde neomisin ve %87,3'ünde polimiksin B direnci belirlenmiştir. Ayrıca, tüm izolatların çoklu ilaç dirençli (ÇİD) olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma, çiğ sütler *S. aureus* kontaminasyon düzeyinin ve bu bakterinin antibiyotik direnç profilinin, halk sağlığı açısından önemli bir risk oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, izolatların tamamının ÇİD olması, tedavi seçeneklerini kısıtlamakta ve enfeksiyon kontrolünü zorlaştırmaktadır. Bu bulgular, süt üretim süreçlerinde hijyen uygulamalarının sıkılaştırılması ve antibiyotik kullanımının daha dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

©2025 The Authors.
Published by Veteriner
Hekimler Derneği. This is
an open access article
under CC-BY-NC license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)**How to cite this article:** Kızanlık Koçak P, Duyuk M, Şahiner C, Boyacıoğlu M. Determination of *Staphylococcus aureus* isolation, identification and antibiotic susceptibility in raw milk. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96 (1):32-40.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: cemil.sahiner@adu.edu.tr

1. Introduction

Staphylococcus aureus is a commensal and opportunistic pathogen that colonizes the skin, nasal passages, and mucosal membranes of both humans and animals. Due to its virulence factors, *S. aureus* can cause a wide range of diseases in humans, from minor skin infections to food poisoning, pneumonia, and toxic shock syndrome (1). Furthermore, numerous outbreaks of foodborne *S. aureus* poisoning have been linked to the consumption of contaminated milk and dairy products (2-4).

Milk and dairy products are rich in various nutrients, including proteins, lipids, carbohydrates, vitamins, and minerals, making them popular among consumers (5, 6). However, in addition to their nutritional value, milk serves as an ideal medium for microbial growth (7). Contamination of milk and dairy products with *S. aureus* can occur throughout the production chain, from milking to distribution. Moreover, *S. aureus* is a significant cause of clinical and subclinical mastitis in dairy cattle, leading to substantial economic losses (6). Factors such as poor milking hygiene, mixing milk from mastitic cows with that of healthy animals, inadequate sanitation of dairy equipment, and unclean environments further exacerbate contamination risks (8). Therefore, effective control of *S. aureus* contamination necessitates continuous monitoring of animal health (particularly udder health) alongside the implementation of stringent hygiene protocols, regular surveillance, and strict adherence to food safety standards (9).

Antibiotics play a crucial role in treating bacterial infections in both humans and animals. However, the prolonged, frequent, uncontrolled, and incorrect use of antibiotics has led to the emergence and spread of antibiotic-resistant strains. This issue has become a serious public health concern, limiting treatment options and increasing healthcare costs associated with infection management (10). Foods are effective vectors for transmitting antibiotic resistance to humans, either through antibiotic residues, transfer of resistant pathogens, or ingestion of resistant strains present in the microflora of food, potentially transferring resistance to both pathogenic and non-pathogenic bacteria in the gastrointestinal system (11). In response to this growing issue, the World Health Organization (WHO) periodically updates a list of critically important antimicrobial agents globally. This initiative aims to develop risk management strategies and prioritize resources for antimicrobial use in agricultural and veterinary practices (12-14). To address these concerns, antimicrobials are categorized into three levels of importance for human and veterinary medicine: critically important, highly important, and important. These classifications facilitate the strategic management of antimicrobial resistance on a global scale (15).

S. aureus has a remarkable ability to develop resistance to antibiotics rapidly (16). WHO classified antibiotic-resistant bacterial pathogens into critical, high, and medium priority groups to develop appropriate strategies addressing the health risks posed by antibiotic resistance in its 2024 report. *S. aureus* is categorized within the high-priority group, which includes bacteria with limited treatment options, significant treatment challenges, and high morbidity and mortality rates (17).

In the past decade, strains of *S. aureus* isolated from milk and dairy products have shown many antibiotics resistance in various countries, including Türkiye (5, 18-20). Therefore, monitoring the antibiotic resistance of *S. aureus* in raw milk, determining the rate and profile of resistance development, and ensuring the correct use of antibiotics in animal treatment are critical for food safety. This study not only provides a detailed analysis of *S. aureus* contamination in raw milk from a regional perspective but also offers novel insights into resistance patterns specific to the local strains, addressing a critical gap in the existing literature.

2. Material and Methods

In this study, 100 bulk tank milk samples obtained from farms in Muğla at different period between January 2015 and March 2015 were used as the material. The samples were collected under aseptic conditions and transported to the laboratory under a cold chain, where they were analyzed on the same day.

The isolation and enumeration of *S. aureus* were carried out as stated in the ISO method 6888-1 (21) (Table 1). Suspected colonies on Baird Park agar (Oxoid, CM275, UK) were subcultured and identified by biochemical tests

(catalase test, coagulase test, mannitol fermentation and DNase activity) and latex agglutination test (Dryspot Staphytest Test Plus, Oxoid, DR0100, UK).

One *S. aureus* isolate per positive sample was picked for determination of antibiotic resistance profile. Antibiotic susceptibility tests of the isolated strains were performed based on the broth microdilution method recommended by the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) (22). The preparation of antibiotic stock solutions followed the manufacturer's instructions. When adjusting concentrations, MIC50 values of *S. aureus* strains corresponding to the relevant antibiotics reported in the literature were considered. For each strain, the MIC was tested (22) for ceftiofloxacin (FOX), methicillin (MET), tetracycline (TE), tylosin (TLY), florphenicol (FLO), neomycin (NEO), ciprofloxacin (CIP), lincomycin (LIN), and polymyxin B (PB). Ten serial dilutions of each antibiotic were made in cation-adjusted Mueller Hinton Broth (CAMHB; Oxoid, UK) containing NaCl (2%), with the final concentrations of antibiotics ranging from 2 to 1024 µg/mL (0.125-64 µg/mL for ciprofloxacin, 8-4096 µg/mL for lincomycin and polymyxin B). After that, 100 µL from each serial dilution was transferred into microplates. The bacterial suspension, which was prepared with 0.5 McFarland standard, was inoculated with 100 µL into each well. The last well which added MHB was used as a negative control. The plates were incubated at 37 °C for 18–24 h. Following incubation, the optical density of each well at 600 nm wavelength was measured using an ELISA reader (Mindray MR 96A, China). *S. aureus* ATCC 25923 was used as a quality control strains. The MIC mode, range, MIC50, and MIC90 of the antimicrobial agents were calculated, and antibiotic susceptibility was defined as determined by comparing the MICs with CLSI reference values (22).

Table 1: MIC values (µg/ml) for *S. aureus* (21)

Tablo 1: *S. aureus* MIC değerleri (µg/ml) (21)

Antibiotics	MIC values (µg/ml)		
	S (%)	I (%)	R (%)
Ceftiofloxacin	≥ 8	-	≤ 4
Methicillin	≥ 16	-	≤ 8
Tetracycline	≥ 16	8	≤ 4
Tylosin	≥ 8	4	≤ 2
Florphenicol	≥ 32	16	≤ 8
Neomycin	≥ 64	32	≤ 16
Ciprofloxacin	≥ 4	2	≤ 1
Lincomycin	≥ 4	1-2	≤ 0,5
Polymyxin B	≥ 8	4	≤ 2

3. Results

Among the 100 raw milk samples analyzed in this study, *S. aureus* contamination was undetectable in 53 samples, while the remaining 47 samples exhibited varying levels of contamination. The mean contamination level for the positive samples was calculated as 3.63±0.77 log cfu/ml. Furthermore, the contamination levels in the *S. aureus*-positive samples were found to range from 2.00 to 4.99 log cfu/ml, as shown in Table 2. Notably, 45.9% of the contaminated samples fell within the contamination range of 3–4 log cfu/ml.

Table 2: *S. aureus* contamination levels in raw milk samples

Tablo 2: Çiğ süt örneklerinde *S. aureus* kontaminasyon düzeyi

	Contamination levels log cfu/ml			
	0	2-3	3-4	4-5
n (100)	53	8	17	22
Min		2.00	3.04	4.03
Max		2.90	3.85	4.99
Mean±SE		2.51±0.4	3.42±0.25	4.40±0.26

SE: Standard error

Within the study, it was found that 13 out of the 47 isolated *S. aureus* strains (27.6%) showed resistance to all examined antibiotic groups. All isolates were found to be resistant to ceftiofur, methicillin, tylosin, and lincomycin. After that, the resistance rates for florfenicol, neomycin, and polymyxin B were 95.8%, 89.4%, and 87.3%, respectively (Table 3). Additionally, it was observed that all isolates were MDR (multidrug-resistant). The antibiotic resistance profiles of the isolates are shown in Table 4.

Table 3: Prevalence of antibiotic resistance in the *S. aureus* isolates

Tablo 3: *S. aureus* izolatlarında antibiyotik direnç prevalansı

Category	Antibiotics	Number of <i>S. aureus</i> isolates (n=47)		
		S (%)	I (%)	R (%)
Critically important	Methicillin	-	-	47 (100)
	Tylosin	-	-	47 (100)
	Neomycin	-	5 (10.6)	42 (89.4)
	Ciprofloxacin	13 (27.7)	8 (17)	26 (55.3)
	Polymyxin B	-	6 (12.7)	41 (87.3)
Highly important	Ceftiofur	-	-	47 (100)
	Tetracycline	9 (19.1)	18 (38.3)	20 (42.6)
	Florfenicol	-	2 (4.2)	45 (95.8)
	Lincomycin	-	-	47 (100)

S: Susceptible; I: Intermediate; R: Resistance

Table 4: Antibiotic resistance profiles of *S. aureus* strains isolated from raw milk (n=47)

Tablo 4: Çiğ süttten izole edilen *S. aureus* izolatlarında antibiyotik direnç profili (n=47)

Resistance Profile	No isolates (%)	Classification of isolates	
		Type of resistance	No isolates (%)
FOX, MET, TE, TLY, FLO, NEO, CIP, LIN, PB	13 (27.7)	pandrug-resistant (PDR)	13 (27.7)
FOX, MET, TE, TLY, NEO, CIP, LIN, PB	1 (2.1)	extensivedrug-resistant (XDR)	12 (25.5)
FOX, MET, TE, TLY, FLO, NEO, LIN, PB	3 (6.4)		
FOX, MET, TE, TLY, FLO, NEO, CIP, LIN	1 (2.1)		
FOX, MET, TLY, FLO, NEO, CIP, LIN, PB	7 (14.9)		
FOX, MET, TLY, FLO, NEO, LIN, PB	10 (21.3)	multidrug-resistant (MDR)	22 (46.8)
FOX, MET, TE, TLY, NEO, LIN, PB	2 (4.3)		
FOX, MET, TLY, FLO, CIP, LIN, PB	4 (8.5)		
FOX, MET, TLY, FLO, NEO, LIN	5 (10.6)		
FOX, MET, TLY, FLO, LIN, PB	1 (2.1)		

ceftiofur (FOX), methicillin (MET), tetracycline (TE), tylosin (TLY), florfenicol (FLO), neomycin (NEO), ciprofloxacin (CIP), lincomycin (LIN), and polymyxin B (PB).

4. Discussion and Conclusion

People often prefer milk and dairy products in their diet for a sustainable healthy life. The presence of *S. aureus* in raw milk and dairy products is a significant public health concern, particularly for infants, children, and immunosuppressed individuals, as they are more susceptible to staphylococcal enterotoxins (23). Since staphylococcal enterotoxin (SE) production depends on factors such as the composition of the food, temperature, antimicrobial inhibitors, and the ability of the strains to produce SE, the level of *S. aureus* required for food poisoning cannot be precisely determined. However, it has been reported that the presence of *S. aureus* at levels of 10^5 - 10^8 cfu/g in food is sufficient to produce a toxic dose that can cause food poisoning (24). In this study, *S. aureus* contamination was determined in 47% of the milk at a mean level of 3.63 ± 0.77 cfu/ml. Similarly, a study conducted in the USA

found the presence of *S. aureus* in 46.6% of raw milk samples (25). Two different researches in Italy have reported *S. aureus* contamination rates of 9.1% and 40% in raw milk samples. (26, 27). Shamila-Syuhada et al. (28) reported that all the examined milk samples were contaminated with *S. aureus* at levels in the range of 2.88 to 3.41 log cfu/ml. In studies conducted in Türkiye, it was found that 50% of raw milk samples in Kayseri were contaminated with *S. aureus*. Furthermore, 50% of the positive samples had contamination levels higher than 6 log cfu/ml (23). Gündoğan and Avcı (28) detected *S. aureus* levels of 4.32-4.49 log cfu/ml in 28 out of 50 raw milk samples. In Burdur, 51.6% of raw milk samples were reported to be contaminated with *S. aureus* (7).

Differences among the studies could be attributed to factors such as the farms from which samples were collected, seasonal and regional differences, the analytical methods used, the competitive effect of the microflora present in the milk, and the inhibitory substances of the milk itself. Additionally, raw milk is considered a suitable environment for *S. aureus*, as it is for many other microorganisms. *S. aureus* is responsible for approximately 30-40% of mastitis cases. The pathogen can contaminate the milk from infected udders, but it can also be transmitted through milking equipment and personnel, environmental conditions, and storage tanks (24, 30, 31).

Due to the increasing misuse of antibiotics in livestock, the effectiveness of these antibiotics is gradually decreasing, and the number of resistant strains is on the rise (15). This situation leads to the widespread presence of pathogenic-resistant organisms in animal-origin foods, posing a potential threat to human health (32). Therefore, monitoring antibiotic use in livestock and screening animal-origin foods for antibiotic-resistant pathogens is crucial for predicting the development rate and type of antibiotic resistance and for risk assessment from a food safety perspective.

Beta-lactams, aminoglycosides, lincosamides, fluoroquinolones, and macrolides are commonly used antimicrobial agents for the treatment of *S. aureus* mastitis (33). According to the microdilution test results in this study, *S. aureus* isolates determined resistance rates of 95.8%, 89.4%, 55.3%, and 42.6% to florfenicol, neomycin, ciprofloxacin, and tetracycline, respectively. The results of the study highlight that the resistance levels are notably high. These findings indicate the urgent need for implementing an effective antimicrobial management program to prevent the overuse of these antibiotics in the region. Contrary to our results, other studies have reported overall susceptibility to ciprofloxacin (34), neomycin (35), and florfenicol (36).

Titouche et al. (34) and Deddefo et al. (6) similarly found tetracycline resistance in *S. aureus* isolates at rates of 47.8% and 46.2%, respectively. On the other hand, Can et al. (37), Keyvan et al. (38), and Hızlısoy et al. (19) reported tetracycline resistance levels of 62.5%, 30.9%, and 28.4%, respectively. The differences in tetracycline resistance levels observed may be attributed to variations in antibiotic use practices. In this study, all isolates were found to be resistant to both tylosin and lincomycin. Although macrolides and lincosamides are chemically different but both target the 50S subunit of the ribosome in bacteria. Consequently, mutations in this area may lead to resistance to both antibiotic groups (38). Furthermore, the intermediate resistance rates observed in the isolates obtained in this study highlight a critical point that warrants attention, particularly regarding the potential development of resistance in the future. The high levels of intermediate resistance suggest that resistance mechanisms may not yet be fully established but could be in the early stages of development. This situation underscores the need to reassess antibiotic usage strategies.

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), initially associated with hospital and community-acquired infections, has also been reported in relation with livestock since 2003 (40). The CLSI (22) recommends the use of ceftiofur for the identification of MRSA strains. In our study, all isolates were phenotypically resistant to both ceftiofur and methicillin. Similarly, Tenhagen et al. (33) reported that all *S. aureus* isolates from tank milk samples in Germany were resistant to ceftiofur. Previous studies have shown lower resistance rates than our findings (6, 18, 28, 38).

The prevalence of MRSA can vary not only between countries but also among regions within the same country. This variation may be due to differences in antibiotic choices, dosage regimens of antibiotics used in clinics, and analytical methods. A limitation of the current study is that we do not know whether the phenotypically resistant isolates carry the responsible resistance genes. In homogenous methicillin resistance, all cells exhibit resistance at

high concentrations of methicillin, whereas in heterogeneous resistance, only a small proportion of the cells show resistance (41). In heterogeneous resistant strains, the responsible gene may not be synthesized, potentially leading to misleading results in phenotypic tests. Therefore, in MRSA isolates, the presence of the *mecA* gene should be investigated using PCR in addition to phenotypic tests.

The fact that all *S. aureus* isolates obtained from raw milk samples in this study are MDR, and particularly that 13 of them are PDR, raises significant concerns regarding the risk of consuming foods contaminated with resistant bacteria. The development of MDR in most of these isolates may be due to the acquisition of plasmid-mediated resistance (R factor) (42). The potentially concerning level of MDR detected in our study can be attributed to the irrational use of antibiotics in treating animal infections. The presence of resistance to nine different classes of antibiotics at varying rates found in the study is considered highly risky from a public health perspective. The potential for resistant isolates to be transmitted to humans through the processing and consumption of milk and dairy products poses a clear threat. The presence of multidrug resistance complicates infection management, increases the risk of treatment failure, and leads to significant economic losses.

The detection of *S. aureus* in nearly half of the raw milk samples indicates a widespread problem in milk hygiene practices. The average contamination level and the range of contamination levels emphasized the variability of the contamination and the potential food poisoning risk. These findings, it is imperative to implement stricter hygiene practices throughout the milk production and handling processes to minimize contamination risks. The high levels of resistance to commonly used antibiotics necessitate the reevaluation of current antibiotic use policies in the dairy industry, as this resistance further complicates the management of *S. aureus* infections. Future research should focus on effective intervention strategies to reduce *S. aureus* contamination in raw milk and developing alternative treatment options to address the challenge of MDR strains.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest in this study.

Funding

This study was supported by Aydın Adnan Menderes University Scientific Research Project Coordination (Project Number: VFT-15033).

Authors' Contributions

Motivation / Concept: Murat BOYACIOĞLU, Melih DUYUK

Design: Murat BOYACIOĞLU, Pelin KOÇAK KIZANLIK

Control/Supervision: Murat BOYACIOĞLU

Data Collection and / or Processing: Melih DUYUK

Analysis and / or Interpretation: Murat BOYACIOĞLU, Melih DUYUK, Pelin KOÇAK KIZANLIK

Literature Review: Melih DUYUK, Cemil ŞAHİNER

Writing the Article: Pelin KOÇAK KIZANLIK, Cemil ŞAHİNER

Critical Review: Murat BOYACIOĞLU

Ethical Statement

An ethical statement was received from the authors that the data, information, and documents presented in this article were obtained within the framework of academic and ethical rules and that all information, documents, evaluations and results were presented in accordance with scientific ethics and moral rules.

References

1. Tong SYC, Davis JS, Eichenberger E, Holland TL, Fowler VG. *Staphylococcus aureus* infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical manifestations, and management. Clin Microbiol Rev. 2015;28(3):603-661.
2. Fetsch A, Contzen M, Hartelt K, Kleiser A, Maassen S, Rau J, et al. *Staphylococcus aureus* food-poisoning outbreak associated with the consumption of ice-cream. Int J Food Microbiol. 2014;187:1-6.
3. Johler S, Weder D, Bridy C, Huguenin M, Robert L, Hummerjohann J, et al. Outbreak of staphylococcal food poisoning among children and staff at a Swiss boarding school due to soft cheese made from raw milk. J Dairy Sci. 2015;98:2944-2948.
4. Ercoli L, Gallina S, Nia Y, Primavilla S, Guidi F, Pierucci B, et al. Investigation of a staphylococcal food poisoning outbreak. Foodborne Pathog Dis. 2017;14:407-13.
5. Wang H, Shen J, Zhu C, Ma K, Fang M, Li B, et al. Antibiotics Resistance and Virulence of *Staphylococcus aureus* Isolates Isolated from Raw Milk from Handmade Dairy Retail Stores in Hefei City, China. Foods 2022, 11, 2185.
6. Deddefo A, Mamo G, Asfaw M, Edao A, Hiko A, Fufa D, et al. Occurrence, antimicrobial susceptibility, and resistance genes of *Staphylococcus aureus* in milk and milk products in the Arsi highlands of Ethiopia. BMC microbiol. 2024;24(1):127.
7. Keyvan E. Çiğ süt örneklerinden izole edilen *Staphylococcus aureus* izolatlarında antibiyotik direnç özelliklerinin tespiti. Vet Hekim Der Derg. 2019;90(1):9-14.
8. Omwenga I, Aboge GO, Mitema ES, Obiero G, Ngaywa C, Ngwili N, et al. (2021). Antimicrobial usage and detection of multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*, including methicillin-resistant strains in raw milk of livestock from Northern Kenya. Microb Drug Resist. 2021;27(6):843-854.
9. Gebremedhin E.Z, Ararso AB, Borana BM, Kelbesa KA, Tadese ND, Marami LM, et al. Isolation and identification of *Staphylococcus aureus* from milk and milk products, associated factors for contamination, and their antibiogram in Holeta, Central Ethiopia. Vet Med Int. 2022;2022(1):6544705.
10. Marshall BM, Levy SB. Food animals and antimicrobials: impacts on Human Health. Clin Microbiol Rev. 2011;24:718-33.
11. Aydin A, Muratoglu K, Sudagidan M, Bostan K, Okuklu B, Harsa S. Prevalence and antibiotic resistance of foodborne *Staphylococcus aureus* isolates in Turkey. Foodborne Pathog Dis. 2011;8(1):63-69.
12. World Health Organization (WHO). Joint FAO=OIE=WHO Expert Workshop on Non-Human Antimicrobial Usage and Antimicrobial Resistance: scientific assessment. Geneva: WHO, 2003.
13. World Health Organization (WHO). Critically important antibacterial agents for human medicine: categorization for the development of risk management strategies to contain antimicrobial resistance due to nonhuman use. Report of the second WHO Expert Meeting, Copenhagen, 29–31 May 2007. Geneva: WHO, 2007.
14. Collignon PJ, Conly JM, Andremont A, McEwen SA, Aidara-Kane A. World Health Organization Ranking of Antimicrobials According to Their Importance in Human Medicine: A Critical Step for Developing Risk Management Strategies to Control Antimicrobial Resistance From Food Animal Production. Clin Infect Dis. 2016;63(11):1536.
15. Collignon P, Powers JH, Chiller TM, Aidara-Kane A, Aarestrup FM. World Health Organization ranking of antimicrobials according to their importance in human medicine: a critical step for developing risk management strategies for the use of antimicrobials in food production animals. Clin Infect Dis. 2009;49:132-141.
16. Kou X, Cai H, Huang S, Ni Y, Luo B, Qian H, et al. Prevalence and Characteristics of *Staphylococcus aureus* Isolated From Retail Raw Milk in Northern Xinjiang China. Front Microbiol. 2021;12:705947.
17. WHO. World Health Organization. WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. World Health Organization Antimicrobial Resistance Division, Geneva, Switzerland. 2024. p. 56. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>

18. Ektik N, Gökmen M, Çıbık R. The prevalence antibiotic resistance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in milk and dairy products in Balıkesir, Turkey. *J Hellenic Vet Med Soc.* 2017;68(4):613-620.
19. Hızlısoy H, Ertaş Onmaz N, Karadal F, Al S, Yıldırım Y, Gönülalan Z, et al. Antibiotic resistance gene profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from foods of animal origin. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2018;24(2):243-249.
20. Kızanlık PK, Goksoy EO. The prevalence, enterotoxigenic properties and antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* isolated from various foods of animal origin. *Vet Arh.* 2024;94(1):43-54.
21. ISO 6881-1. Microbiology of food and animal feeding stuffs: horizontal method for the enumeration of coagulase positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species). Part 1: technique using Baird Parker agar medium. International Standard 2001, Geneva, Switzerland.
22. CLSI. Clinical Laboratory Standards Institute. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing (M100). Vol. 31st Informational Supplement, Pennsylvania Wayne. 2021. p. 64-76.
23. Yılmaz S, Gönülalan, Z. Kayseri Bölgesinde Tüketime Sunulan Çiğ Sütlerde *Staphylococcus aureus* ve Enterotoksin Varlığının Araştırılması. *Sağlık Bilim Derg* 2010;19(1):26-33.
24. Seo KS, Bohach GA. *Staphylococcus aureus*. In: Doyle MP, Beuchat LR (eds), *Food microbiology: fundamentals and frontiers*. 4th ed. ASM Press, Washington, 2013, p. 547-574.
25. Patel K, Godden SM, Royster EE, Crooker BA, Johnson TJ, Smith EA, et al. Prevalence, antibiotic resistance, virulence and genetic diversity of *Staphylococcus aureus* isolated from bulk tank milk samples of US dairy herds. *BMC genomics.* 2021;22(1):367.
26. Bianchi DM, Gallina S, Bellio A, Chiesa F, Civera T, Decastelli L. Enterotoxin gene profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from milk and dairy products in Italy. *Lett Appl Microbiol.* 2013;58:190-196.
27. Riva A, Borghi E, Cirasola D, Colmegna S, Borgo F, Amato E, et al. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in raw milk: prevalence, SCCmec typing, enterotoxin characterization, and antimicrobial resistance patterns. *JFP.* 2015;78(6)1142-1146.
28. Shamila-Syuhada AK, Rusul G, Wan-Nadiah WA, Chuah LO. Prevalence and antibiotics resistance of *Staphylococcus aureus* isolates isolated from raw milk obtained from small-scale dairy farms in Penang, Malaysia. *Pak Vet J.* 2016;36(1):98-102.
29. Gündoğan N, Avcı E. Occurrence and antibiotic resistance of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in raw milk and dairy products in Turkey. *Int J Dairy Technol.* 2014;67(4):562-569.
30. Peles F, Wagner M, Varga L, Hein I, Rieck P, Gutser, K et al. Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine milk in Hungary. *Int J Food Microbiol.* 2007;118(2):186-193.
31. Fagundes H, Barchesi L, Filho AN, Ferreira LM, Oliveira CAF. Occurrence of *Staphylococcus aureus* in raw milk produced in dairy farms in Sao Paulo state, Brazil. *Braz J Microbiol.* 2010;41:376-380.
32. Tuncay RM, Sancak YC. Antimicrobial resistance properties, biofilm, and meca gene presence in *Staphylococcus aureus* isolated from raw milk sold in Van, Türkiye. *TURJAF.* 2023;11(2):355-362.
33. Bahraminia F, Emadi SR, Emaneini M, Farzaneh N, Rad M, Khoramian B. A high prevalence of tylosin resistance among *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis. In *Veterinary Research Forum* 2017. Vol. 8, No. 2, p. 121. Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
34. Tenhagen BA, Alt K, Pfefferkorn B, Wiehle L, Käsbohrer A, Fetsch A. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in conventional and organic dairy herds in Germany. *J Dairy Sci.* 2018;101(4):3380-3386.
35. Titouche Y, Hakem A, Houali K, Meheut T, Vingadassalon N, Ruiz-Ripa L, et al. Emergence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ST8 in raw milk and traditional dairy products in the Tizi Ouzou area of Algeria. *J Dairy Sci.* 2019;102(8):6876-6884.
36. Ning K, Zhou R, Li M. Antimicrobial resistance and molecular typing of *Staphylococcus aureus* isolates from raw milk in Hunan Province. *Peer J.* 2023;11:e15847.
37. Can HY, Elmalı M, Ergün Y. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in milk from dairy cows with chronic mastitis. *Eurasian J Vet Sci.* 2017;33(4):255-259.
38. Keyvan E, Yurdakul O, Demirtas A, Yalcin H, Bilgen, N. Identification of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in bulk tank milk. *FS&T.* 2020;40:150-156.

-
39. Wang Y, Wu CM, Lu LM, Ren GWN, Cao XY, Shen, JZ. Macrolide–lincosamide-resistant phenotypes and genotypes of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine clinical mastitis. *Vet Microbiol.* 2008;130(1-2):118-125.
 40. Doyle ME, Hartmann FA, Lee Wong AC. Methicillin-resistant staphylococci: implications for our food supply? *Anim Health Res Rev.* 2012;13:157-80.
 41. Peacock, SJ, Paterson, GK. Mechanisms of methicillin resistance in *Staphylococcus aureus*. *Annu Rev Biochem.* 2015;84(1):577-601.
 42. Yamamoto T, Hung WC, Takano T, Nishiyama A. Genetic nature and virulence of community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *BioMedicine.* 2013;3(1):2-18.



doi 10.33188/vetheder.1529093

Araştırma Makalesi / Research Article

Assessment of the relationship between body weight and body measurements among Morkaraman, Tushin and Awassi sheeps with different ages

Uğur ÖZENTÜRK^{1,a*}, Ömer ELTAS^{2,b}, Okan DEMİR^{3,c}, Ali Alparslan SAYIM^{4,d}¹ Atatürk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Science Yakutiye, Erzurum, Türkiye² Atatürk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Biometrics, Yakutiye, Erzurum, Türkiye³ Atatürk University Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Yakutiye, Erzurum, Türkiye⁴ Ankara University Graduate School of Health Sciences, Department of Biostatistics, Ankara, TürkiyeID 0000-0002-2037-9340 ^a; 0000-0002-7415-3371 ^b; 0000-0002-3581-5061 ^c; 0009-0009-4299-3315 ^d

MAKALE BİLGİSİ:

ARTICLE INFORMATION:

ABSTRACT

Geliş / Received:

06 Ağustos 24

06 August 24

Revizyon/Revised:

27 Aralık 24

27 December 24

Kabul / Accepted:

02 Ocak 25

02 January 25

Anahtar Sözcükler:

Canlı ağırlık tahmini,

İrk,

Koyun,

Vücut ölçüleri

Keywords:

Body weight prediction

Breed,

Sheep

Body measurements,

©2025 The Authors.

Published by Veteriner

Hekimler Derneği. This is

an open access article

under CC-BY-NC license.

(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0)



This study aimed to identify morphological predictors of body weight in Morkaraman, Tushin, and Awassi sheep across different age groups, providing valuable insights for effective livestock management and breeding programs. Data were collected from 260 Morkaraman, 109 Tushin, and 96 Awassi sheep, with body measurements including body length (BL), wither height (WH), chest girth (CG), chest width (CW), chest depth (CD), rump width (RW), rump height (RH), ear length (EL), head length (HL), forehead width (FW), cannon forelimb circumference (CFC), and cannon hindlimb circumference (CHC). Pearson correlation analysis was conducted to assess relationships between body weight and these morphological traits. A multiple linear regression model was developed using the backward stepwise elimination method to estimate body weight based on the collected measurements. The results revealed that the Morkaraman breed and the 3-year-old age group had the highest average body weights. Among the morphological traits, CG ($r = 0.702$), RH ($r = 0.694$), BL ($r = 0.678$), and WH ($r = 0.677$) exhibited the strongest correlations with body weight. The final regression model identified CG, RW, RH, and HL as the most significant predictors, collectively explaining approximately 78.3% of the variation in body weight. These findings underscore the importance of selecting specific morphological traits for accurate body weight estimation in sheep. The results of this study have significant implications for sheep farming, particularly in enhancing breeding, management, and selection strategies. By focusing on key morphological predictors, livestock producers can improve decision-making processes, optimize resource allocation, and promote the overall productivity and sustainability of sheep farming operations.

Farklı yaşlardaki Morkaraman, Tuj ve İvesi koyunlarında vücut ağırlığı ile vücut ölçüleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

ÖZET

Araştırmada, farklı yaş gruplarındaki Morkaraman, Tuj ve İvesi koyunlarında vücut ağırlığı ve vücut ölçümleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlandı. Bu ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri yoluyla incelenerek, etkili hayvancılık yönetimi ve yetiştirme programları için önemli olan vücut ağırlığının tahmininde en iyi açıklayıcılığına sahip morfolojik özellikler belirlendi. Toplam 260 adet Morkaraman, 109 adet Tuj ve 96 adet İvesi ırkı koyunun vücut ağırlıkları değerlendirildi. Her bir koyun için alınan vücut ölçümleri, vücut uzunluğu (VU), cidago yüksekliği (CY), göğüs çevresi (GÇ), göğüs genişliği (GG), göğüs derinliği (GD), sağrı genişliği (SG), sağrı yüksekliği (SY), kulak uzunluğu (KU), baş uzunluğu (BU), alın genişliği (AG), ön incik çevresi (ÖİC) ve arka incik çevresi (AİC)'dir. Vücut ağırlığı ile bu morfolojik özellikler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Toplanan ölçümler temel alınarak vücut ağırlığını tahmin etmek amacıyla geriye dönük adım adım eleme yöntemi kullanılarak bir çoklu doğrusal regresyon modeli geliştirilmiştir. Sonuçlar, Morkaraman ırkı ve 3 yaş grubu koyunların en yüksek ortalama vücut ağırlıklarına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Morfolojik özellikler arasında, GÇ ($r = 0.702$), SY ($r = 0.694$), VU ($r = 0.678$) ve CY ($r = 0.677$) vücut ağırlığı ile en güçlü korelasyonları göstermiştir. Nihai regresyon modeli, GÇ, SG, SY ve BU'yu en önemli yordayıcılar olarak belirlemiş ve bu değişkenlerin vücut ağırlığındaki varyasyonun yaklaşık %78,3'ünü açıkladığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, koyunlarda doğru vücut ağırlığı tahmini için belirli morfolojik özelliklerin seçilmesinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmanın sonuçları, koyunculukta, özellikle yetiştiricilik, yönetim ve seleksiyon stratejilerinin iyileştirilmesi açısından önemli etkiler taşımaktadır. Temel morfolojik tahmin edicilere odaklanarak, hayvancılık üreticileri karar alma süreçlerini iyileştirebilir, kaynak kullanımını optimize edebilir ve koyunculuk faaliyetlerinin genel verimliliği ile sürdürülebilirliğini artırabilir.

How to cite this article: Özentürk U, Eltas Ö, Demir O, Sayım AA. Assessment of the relationship between body weight and body measurements among Morkaraman, Tushin and Awassi sheeps with different ages. Vet Hekim Der Derg. 2025;96(1):41-51.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: ugur.ozenturk@atauni.edu.tr

1. Introduction

Sheep farming plays a crucial role in sustainable agriculture and economic development worldwide. In Türkiye, it is a vital resource for addressing the animal protein deficit, contributing to food security, supporting the textile industry, and sustaining rural livelihoods. A significant portion of Türkiye's sheep population consists of indigenous breeds, with family-type enterprises often managing flocks through traditional methods and natural grazing practices (1,2). The Morkaraman, Awassi, and Tushin sheep are among the most important breeds in the Eastern Anatolia sheep population, sharing adaptations to the region's challenging environmental conditions. The Morkaraman, which accounts for 21.5% of Türkiye's sheep population and is predominantly found in the Eastern Anatolia region (3,4). The Awassi breed, commonly raised in the Southeastern Anatolia region, is known for its fat-tailed morphology, adaptability to harsh environments, and high milk yield among domestic breeds, representing about 4% of the sheep population in Türkiye (3-6). The Tushin breed, commonly raised in and around Kars province in Eastern Anatolia, is known for its fatty thighs and is primarily bred for meat production (3,4,7).

Body weight is a key characteristic monitored throughout an animal's life. Accurate knowledge of body weight is essential for managing animal health, devising appropriate feeding strategies, determining optimal slaughter times, planning breeding programs, and selecting suitable breeding animals (8,9). Moreover, body weight serves as a crucial criterion in type determination, feed utilization, drug dosing, growth assessment, and evaluating fattening results (7,9-11). In rural areas, where extensive farming practices are common and weighing devices are often unavailable, estimating body weight can be challenging. In these situations, farmers often rely on visual estimates, which can result in inaccuracies in decision-making and livestock management (1,9).

As animals grow and develop, they undergo changes in body structure and shape along with weight gain (12,13). These morphological changes are key indicators of their overall growth and development (6,11). Because of this, body measurements can be a useful tool for estimating an animal's body weight (8-10,14,15). Understanding the relationship between body weight and these measurements are important for evaluating fattening performance, selecting breeding animals, and making management decisions (14). Additionally, regularly measuring body weight and body dimensions in sheep is essential for monitoring growth and making effective management decisions (6).

Despite the recognized significance of body weight estimation in livestock management, there remains a need for further research on the specific relationships between body weight and morphological traits in indigenous sheep breeds, particularly within the context of Türkiye. The Morkaraman, Awassi, and Tushin breeds, as important representatives of the Eastern Anatolia sheep population, hold considerable importance in the Turkish sheep population. However, there is a limited number of studies that have specifically addressed these breeds across various age groups and environmental conditions. This research aims to fill this gap by exploring these relationships, ultimately providing targeted management strategies for farmers.

This study aims to determine the relationships between body weight and body measurements in Morkaraman, Tushin, and Awassi sheep across different age groups. Through correlation and regression analyses, we sought to identify morphological predictors of body weight, which are important for effective livestock management and breeding programs. It is hypothesized that body measurements, specifically chest girth, and body length, are significant predictors of body weight across different age groups of Morkaraman, Tushin, and Awassi sheep.

2. Material and Methods

This research was conducted at the Sheep Husbandry Unit of the Atatürk University Food and Livestock Research Centre. The study was ethically approved by the Local Ethics Committee of Atatürk University Animal Experiments. A total of 260 Morkaraman, 109 Tushin, and 96 Awassi ewes were used in the study.

Animal care and feeding

The sheep were held under semi-extensive conditions. The routine annual maintenance and feeding practices were as follows: Reproduction followed a once-a-year mating system, with the breeding season beginning in October, resulting in lambing between March and April. Most lambs born in March, leading to a maximum age difference of one month among lambs born in the same year. During pregnancy, the sheep were provided with 2 kg/day (± 0.2 kg) of roughage and 300 g/day (± 50 g) of a concentrated feed mixture. Lambs stayed with their mothers for two months before being weaned. Starting in May, both sheep and lambs grazed for 10 hours a day on pasture, kept in separate herds. The grazing period, determined by regional climatic conditions, ended in September at the close of the vegetation season. All animals were managed under a standardized feeding regimen, and management practices was equally applied across the flock.

Body weight determination

The body weight of each sheep was measured using a scale with an accuracy of 100 grams. Each animal was weighed once during the study. All measurements of the 1-, 2-, and 3-year old sheep were taken on a single day and only once.

Body measurements

Various body measurements were taken for each sheep, including body length, wither height, rump height, chest depth, rump width, chest width, ear length, head length, forehead width, chest girth, cannon forelimb circumference, and cannon hindlimb circumference (2,12). Each measurement was taken once per animal.

The specific measurement points used in the study are detailed below:

Body length (BL): The distance from the shoulder tip to the seat tuber (between the articulation of the humeri and the tuber ischii), measured in centimeters using a measuring tape.

Wither height (WH): The vertical length from the highest point of the withers (processus spinosus of the 4th thoracic vertebra) to the ground.

Rump height (RH): The height from the highest point of the rump (most dorsal point of the sacrum at the level of the tuber coxae) to the ground.

Chest depth (CD): The depth from the highest point of the caudal vertebra (processus spinosus of the 4th thoracic vertebra) to the sternum.

Rump width (RW): The width between the right and left hip processes (two tuber coxae).

Chest width (CW): The width of the chest between the front legs.

Ear length (EL): The distance from the base of the ear to its tip, measured in centimeters using a measuring tape.

Head length (HL): The distance from the highest point of the head to the tip of the upper lip, measured in centimeters with a measuring tape.

Forehead width (FW): The width measured from the highest point of the forehead projection to the line connecting the inner angles of the eyes (between the two eye sockets).

Chest girth (CG): The circumference passing through the withers and sternum, completely encircling the chest, measured in centimeters using a measuring tape.

Cannon forelimb circumference (CFC): The circumference of the thinnest part of the Cannon forelimb bones (metacarpus), measured in centimeters using a measuring tape.

Cannon hindlimb circumference (CHC): The circumference of the thinnest part of the Cannon hindlimb bones (metatarsus), measured in centimeters with a measuring tape.

Statistical analysis

Descriptive statistics of the data were calculated and given as "Mean \pm Standard Deviation" (Table 2). Prior to hypothesis testing, data were examined with Shapiro- Wilk test for normality and Levene test for homogeneity of variances, as parametric test assumptions. The effect of age and breed on collected body measurements was evaluated using a two-way ANOVA model. The model included main effects of age and breed, and their two-way interaction term. Pearson correlation analysis was used to evaluate the relationship between body measurements and body weight. A multiple linear regression model was constructed using the backward stepwise elimination method to estimate body weight based on body measurement data. In this model, categorical variables were included as dummy variables, with one category designated as the reference group. Statistical significance was defined as a probability value of less than 0.05, unless otherwise specified. All analyses were performed using the SPSS 30.0 software package.

3. Results

The study determined the body weight averages of different sheep breeds. According to the findings, the breed with the highest body weight average was Morkaraman (50.08 ± 11.86 kg), followed by Tuj (45.30 ± 9.98 kg), while the breed with the lowest body weight average was Awassi (43.49 ± 10.50 kg). The body weight averages based on age were 36.66 ± 6.07 kg for 1-year-old sheep, 50.26 ± 8.02 kg for 2-year-old sheep, and 54.03 ± 10.34 kg for 3-year-old sheep. The study concluded that the sheep with the highest body weight were 3-year-old Morkaraman sheep, with an average body weight of 57.12 ± 10.50 kg.

Table 1: Pearson correlation analysis results between body measurements and body weight.

Tablo 1: *Vücut ölçüleri ile vücut ağırlığı arasındaki Pearson korelasyon analizi sonuçları.*

	BW			BW	
	r	P value		r	P value
BL	0.678	<0.001	EL	0.204	<0.001
WH	0.677	<0.001	HL	0.564	<0.001
RH	0.694	<0.001	FW	0.043	0.358
CD	0.496	<0.001	CG	0.702	<0.001
RW	0.366	<0.001	CFC	0.44	<0.001
CW	0.457	<0.001	CHC	0.492	<0.001

r: Pearson correlation coefficient, BW: Body weight, BL: Body length, WH: Wither height, RH: Rump height, CD: Chest depth, RW: Rump width, CW: Chest width, EL: Ear length, HL: Head length, FW: Forehead width, CG: Chest girth, CFC: Cannon forelimb circumference, CHC: Cannon hindlimb circumference

Table 1 provides information on the direction and strength of the relationships between body weight and the measured body traits. A review of the table reveals positive correlations between body weight and all measured variables. Among these, the relationship between body weight and FW was very weak and not statistically significant ($r = 0.043$, $p = 0.358$). In contrast, the strongest correlations with body weight were observed for CG, RH, BL, and WH, in descending order of strength (Table 1).

Table 2: Age and breed comparison according to body measurements (Mean \pm Std. Deviation (SD))**Table 2:** *Vücut ölçülerine göre yaş ve ırk karşılaştırması (Aritmetik Ort. \pm Std. Sapma)*

Variable	Age	Breed			P-value(s)		
		Tuchin Mean \pm SD	Morkaraman Mean \pm SD	Awassi Mean \pm SD	Age (A)	Breed (B)	A*B
BW	1	34.85 \pm 3.94 _{B,b}	38.97 \pm 5.74 _{C,a}	31.83 \pm 5.42 _{B,b}			
	2	48.18 \pm 6.31 _{A,b}	52.73 \pm 8.47 _{B,a}	46.88 \pm 7.16 _{A,b}	<0.001	<0.001	<0.001
	3	50.34 \pm 9.69 _{A,b}	57.12 \pm 10.50 _{A,a}	49.75 \pm 7.60 _{A,b}			
BL	1	67.77 \pm 4.48 _{C,b}	70.36 \pm 5.33 _{C,a}	66.6 \pm 3.67 _{C,b}			
	2	74.56 \pm 4.09 _{B,b}	76.81 \pm 4.02 _{B,a}	75.68 \pm 5.19 _{B,b}	<0.001	<0.001	0.317
	3	76.07 \pm 4.76 _{A,b}	78.62 \pm 4.43 _{A,a}	77.26 \pm 4.32 _{A,b}			
WH	1	65.61 \pm 4.06 _{B,b}	69.25 \pm 4.54 _{B,a}	65.07 \pm 4.29 _{B,b}			
	2	72.22 \pm 3.46 _{A,b}	74.64 \pm 4.16 _{A,a}	72.8 \pm 5.18 _{A,b}	<0.001	<0.001	0.342
	3	71.04 \pm 3.8 _{A,b}	75.41 \pm 4.58 _{A,a}	71.86 \pm 4.32 _{A,b}			
RH	1	66.48 \pm 4.32 _{B,b}	70.03 \pm 4.03 _{B,a}	65.4 \pm 4.41 _{B,b}			
	2	72.53 \pm 3.23 _{A,b}	75.17 \pm 4.09 _{A,a}	72.61 \pm 4.24 _{A,b}	<0.001	<0.001	0.227
	3	71.03 \pm 3.73 _{A,b}	75.63 \pm 4.17 _{A,a}	72.27 \pm 4.2 _{A,b}			
CD	1	31.32 \pm 4.06 _B	32.2 \pm 3.85 _B	31.87 \pm 4.54 _B			
	2	35.81 \pm 3.98 _A	34.98 \pm 3.69 _A	36.73 \pm 4.04 _A	<0.001	0.265	0.119
	3	35.07 \pm 3.31 _A	36.65 \pm 3.47 _A	36.15 \pm 3.51 _A			
RW	1	14.02 \pm 2.32 _B	13.64 \pm 2.94 _B	14.02 \pm 2.53 _B			
	2	15.3 \pm 2.06 _A	16.07 \pm 1.98 _A	15.48 \pm 1.76 _A	<0.001	0.522	0.372
	3	15.83 \pm 1.83 _A	16.22 \pm 1.99 _A	15.78 \pm 1.88 _A			
CW	1	25.23 \pm 2.6 _{B,a}	24.74 \pm 2.3 _{B,ab}	24.28 \pm 2.69 _{B,b}			
	2	27.28 \pm 2.32 _{A,a}	26.03 \pm 4.11 _{A,ab}	25.77 \pm 2.24 _{A,b}	<0.001	0.041	0.674
	3	26.88 \pm 2.64 _{A,a}	26.43 \pm 2.73 _{A,ab}	26.63 \pm 2.69 _{A,b}			
EL	1	14.77 \pm 1.12 _{B,b}	14.73 \pm 1.29 _{B,ab}	14.83 \pm 1.52 _{B,a}			
	2	14.83 \pm 1.38 _{A,b}	15.24 \pm 1.08 _{A,ab}	15.95 \pm 1.12 _{A,a}	0.004	0.002	0.157
	3	14.54 \pm 1.06 _{AB,b}	15.06 \pm 1.16 _{AB,ab}	15.28 \pm 1.42 _{AB,a}			
HL	1	21.74 \pm 2.36 _{B,b}	22.12 \pm 1.96 _{B,a}	21.57 \pm 2.32 _{B,ab}			
	2	23.69 \pm 2.06 _{A,b}	24.08 \pm 1.86 _{A,a}	24.27 \pm 1.72 _{A,ab}	<0.001	0.035	0.495
	3	23.58 \pm 1.93 _{A,b}	24.65 \pm 2.25 _{A,a}	24.06 \pm 1.97 _{A,ab}			
FW	1	15.61 \pm 18.09	12.9 \pm 0.81	12.53 \pm 1.03			
	2	13.47 \pm 0.91	13.45 \pm 0.87	13.3 \pm 0.67	0.874	0.238	0.149
	3	13.26 \pm 0.66	13.54 \pm 0.82	13.43 \pm 0.85			
CG	1	84.58 \pm 6.98 _C	86.43 \pm 6.69 _C	83.93 \pm 8.61 _C			
	2	94.31 \pm 5.71 _B	93.21 \pm 7.46 _B	94.27 \pm 5.91 _B	<0.001	0.949	0.407
	3	95.91 \pm 7.99 _A	95.97 \pm 8.68 _A	96.88 \pm 6.78 _A			
CFC	1	7.81 \pm 0.54 _{C,b}	8.07 \pm 0.74 _{C,ab}	7.83 \pm 1.53 _{C,a}			
	2	8.72 \pm 0.84 _{A,b}	8.76 \pm 0.77 _{A,ab}	9.18 \pm 0.76 _{A,a}	<0.001	0.030	0.129
	3	8.38 \pm 0.8 _{B,b}	8.6 \pm 0.82 _{B,ab}	8.84 \pm 0.68 _{B,a}			
CHC	1	9.27 \pm 0.59 _C	9.44 \pm 0.79 _C	9.31 \pm 0.81 _C			
	2	10.41 \pm 0.82 _A	10.32 \pm 0.59 _A	10.66 \pm 0.75 _A	<0.001	0.066	0.137
	3	9.79 \pm 0.83 _B	10.1 \pm 0.82 _B	10.28 \pm 0.8 _B			

A,B,C: Different capital letters in the same column indicate statistically significant difference ($p < 0.05$), a,b,c: Different lowercase letters in the same row indicate statistically significant difference ($p < 0.05$), *: Indicates interaction, BW: Body Weight, BL: Body length, WH: Wither height, RH: Rump height, CD: Chest depth, RW: Rump width, CW: Chest width, EL: Ear length, HL: Head length, FW: Forehead width, CG: Chest girth, CFC: Cannon forelimb circumference, CHC: Cannon hindlimb circumference

The effects of breed and age on various body measurements were analyzed and are summarized in Table 2. A review of the table indicates that the interaction term, representing the combined effect of breed and age, was statistically insignificant for all body measurements except BW. Regarding the main effects, age significantly influenced all variables except FW. As expected, the lowest measurements were consistently observed in 1-year-old sheep across all breeds. When examining the effect of breed on body measurements, significant differences were identified among breeds for BW, BL, WH, RH, CW, EL, HL, and CFC. Specifically, BW, BL, WH, RH, and HL values were highest in the Morkaraman breed; EL and CFC values were highest in the Awassi breed; and CW values were highest in the Tuj breed (Table 2).

Table 3: Multiple regression model for predicting body weight based on body measurements

Tablo 3: Vücut ölçümleri kullanılarak vücut ağırlığını tahmin etmeye yönelik çoklu regresyon modeli

	UnStd. β	SE of β	95% CI		Std. β	t	P	VIF
			LB	UB				
Intercept	-89.89	5.667	-101.026	-78.754		-15.863	<0.001	
Age								
2 - 1(ref)	1.81	0.899	0.043	3.578	0.067	2.013	0.045	2.322
3 - 1(ref)	3.786	0.883	2.05	5.521	0.164	4.287	<0.001	3.036
Genotype								
Tushin - Awassi(ref)	2.09	0.778	0.56	3.62	0.077	2.685	0.008	1.718
Morkaraman - Awassi (ref)	4.497	0.704	3.113	5.881	0.194	6.387	<0.001	1.927
BL	0.225	0.063	0.1	0.349	0.118	3.553	<0.001	2.313
RH	0.412	0.073	0.268	0.556	0.184	5.634	<0.001	2.234
RW	1.048	0.122	0.808	1.289	0.222	8.574	<0.001	1.401
CW	0.333	0.116	0.104	0.561	0.084	2.862	0.004	1.808
HL	0.736	0.14	0.462	1.01	0.149	5.274	<0.001	1.669
CG	0.385	0.046	0.295	0.474	0.295	8.449	<0.001	2.534
CFC	1.014	0.326	0.373	1.656	0.08	3.108	0.002	1.376

Dependent variable: body weight; Model R^2 : 0.783; df: 11 MSE: 29.416, Model $F=148.308$, $p<0,001$; ref: Reference category, UnStd. β : Unstandardized Beta (β), CI: Confidence Interval, UB: upper bound, LB: lower bound, Std. β : Standardized β , SE: Standard error
BL: Body length, WH: Withers height, RH: Rump height, CD: Chest depth, RW: Rump width, CW: Chest width, EL: Ear length, HL: Head length, FW: Forehead width, CG: Chest girth, CFC: Cannon forelimb circumference, CHC: Cannon hindlimb circumference

The final multiple regression model developed to predict body weight using body measurements is presented in Table 3. The initial model, created through a backward stepwise elimination method, included 13 different variables, while the final model consists of 9 variables based on significance levels. Examination of the VIF values for the variables in the model revealed no multicollinearity problems. All coefficients of the variables in the model were found to be statistically significant. Among the variables, the CG variable made the highest contribution to the model. In addition, other body measurements such as RW, RH and HL made substantial contributions to the model. However, CFC had a statistically significant effect, but its contribution was limited (Table 3).

Analysis of the coefficients for genotype and age showed that the body weight of the Awassi breed was the lowest, while the Morkaraman breed had the highest body weight. Similarly, examination of the age-related coefficients revealed that the highest weight was observed in the 3-year-old group. These findings indicate that genotype, age, and body measurements play a significant role in predicting body weight.

4. Discussion and Conclusion

The finding that Morkaraman sheep had a significantly higher body weight than Tushin and Awassi breeds is consistent with the standard body weight values for these breeds. According to breed standard features, Morkaraman sheep, adapted to the harsh climatic conditions of Eastern Anatolia, is robust, larger in size, and more enduring. In contrast, Awassi sheep have a medium-sized body and a fine bone structure suited for milk production, while Tushin sheep are generally smaller in body size (4). The observed increase in body weight with age across all breeds is consistent with expected growth patterns in sheep, where skeletal development, muscle growth, and fat accumulation contribute to increased body mass over time (10,16,17).

The significant positive correlations between body weight and various body measurements (CG, RH, BL, WH) indicate that these measurements generally increase in proportion to body weight as sheep grow. This relationship underscores the biological and physiological development underlying sheep growth and morphology (18). Ambarcıoğlu et al. (8) found a statistically significant correlation between body weight and body measurements, supporting the notion that body weight can be estimated from these measurements. Previous studies also report high correlations between body measurements and body weight in sheep (6,9,10,14,19-21).

The highest correlations with body weight were observed for CG (0.702), RH (0.694), BL (0.678), and WH (0.677). These measurements are directly related to the overall size and structure of the animal, which correlates with body mass. Chest girth, in particular, is often considered the most reliable indicator of body weight as it encompasses the thoracic cavity, where vital organs are located (12). A larger chest girth typically indicates a larger body size, reflecting increased muscle mass and fat, which contribute to higher body weight (10,12). Rump height and wither height reflect the skeletal structure and overall body height, both of which scale with body weight (12). Similarly, body length represents longitudinal growth and is associated with overall body mass. Supporting the results of this study, Şahin et al. (15) found significant correlations between body measurements, including CG, RH, WH, and body weight. Similarly, Özen et al. (14) reported that CG and WH were the most effective factors in estimating body weight. In line with these findings, Yağanoğlu (21) identified body length as having the highest correlation with body weight. Further corroborating this study, Ambarcıoğlu et al. (8) found that CG ($r=0.846$) and CD ($r=0.801$) were the body measurements most strongly correlated with body weight in sheep. Similarly, Özen et al. (6) reported that CW and CD had the strongest correlations with body weight. Additionally, Onk et al. (7) emphasized the importance of BL and CG as key markers for estimating body weight.

The multiple linear regression model identified CG, RH, RW, and HL as the best predictors of body weight, explaining approximately 78.3% of the variation. Consistent with our study, Şahin et al. (15) reported that RH, CG, CD, and BL made the highest contributions to the regression equation for body weight estimation. They emphasized that chest girth was the most important parameter for estimating body weight at the end of the fattening period. Other similar studies have also reported that CG has the strongest effect on body weight (9-12,19). Despite the better estimation of body weight from combinations of different body measurements, this approach may pose practical challenges in field conditions due to the higher labor and time required for measuring multiple body dimensions (12). In the present study, body weight was relatively more strongly associated with CG. Given that CG is easy, cost-effective, and quick to measure with a tape, estimating body weight from chest girth alone, or in combination with other body measurements such as RH, RW, and HL, may offer a practical and reasonably accurate method under field conditions. However, some studies have reported that rump width has the highest direct effect on body weight (22,23). Tyasi et al. (24) found that body length had the highest direct effect on body weight. Rather et al. (18) revealed that wither height was the best predictor for body weight estimation. The differences between these studies are likely due to genetic factors such as species and breeds of livestock, as well as environmental factors such as nutritional conditions, climate, and breeding area.

Our results indicate significant differences in live weight among the Tushin, Morkaraman, and Awassi sheep breeds. It was found that both breed and body measurements influence live weight. When compared to the Awassi breed, both the Morkaraman and Tushin breeds exhibited significantly higher body weights. Specifically, the body weight of Tushin ewes was 2.09 kg higher, while that of Morkaraman ewes was 4.497 kg higher than that of Awassi

ewes. Understanding these breed-specific differences is crucial for effective breeding programs and management practices, enabling accurate monitoring of growth and health tailored to each breed's specific needs. Differences in body weight between breeds highlight the influence of breed-specific morphological characteristics on body weight estimation (1,13,25). These differences in body weight likely reflect genetic influences on growth patterns and body conformations. As the results indicate, breed, along with CG and RW, consistently emerged as one of the primary determinants of body weight in live weight estimation, highlighting its significant role in accurate weight prediction. The significance of CG across model highlights its effectiveness in reflecting total body mass, likely due to its close association with thoracic volume, which correlates with muscle and fat deposits. Likewise, RW's inclusion in model points to its importance in capturing body conformation and distribution of body mass, traits that are central to structural soundness and overall weight (26-27). These findings suggest that breed, alongside CG and RW, provides a reliable basis for body weight estimation, thus reinforcing their utility in practical, field-based weight assessments across diverse production environments.

According to the findings obtained from the study, age was found to influence all body measurements except FW. Furthermore, the results of the multiple linear regression model revealed differences among age groups. These measurements can reflect the sheep's rapid growth and development during this early stage. As sheep age, growth slows, and body weight may be more influenced by fat accumulation and muscle development, which are not easily determined by linear measurements alone (28). Head length, although less commonly used as a predictor in older animals, may be more variable in young sheep based on our results. In the model, the 1-year age group was taken as the reference, thereby highlighting the differences in live weights of the 2-year and 3-year age groups compared to the 1-year group. Accordingly, the model indicates that the live weight of sheep in the 2-year age group is, on average, 1.81 kg higher compared to the 1-year age group. Similarly, the live weight of sheep in the 3-year age group is, on average, 3.786 kg higher compared to the 1-year age group. This improved body weight in older sheep suggests a more stable body composition and a more reliable weight estimation based on body measurements. Variations between age groups can be attributed to different stages of growth and development (10,16-18,20,28). As an alternative approach to the multiple linear regression model used in this study, which includes the age variable, there are studies that have examined the relationship between body weight and body measurements at different ages or fattening periods and developed regression models. For instance, Şahin et al. (15) noted that body weight estimates can vary throughout the fattening period, Yetişgin (29) reported that effective body measurements for weight estimation change between mother ewes and lambs. Body length and rump height were significant predictors in young animals, while chest girth was more effective in older animals. Yılmaz et al. (30) reported that the highest correlation coefficients were observed in the 2-year-old age group, with body length and chest girth offering the most accurate estimates. In younger animals, chest girth may not capture the dynamic changes in muscle and fat deposits as effectively as other measurements, as body weight is still primarily influenced by structural growth rather than fat and muscle distribution. This discrepancy may reflect breed-specific growth patterns or environmental factors that influence body composition at different life stages.

Instead of estimating body weight based on body measurements for each age and breed separately, the findings of our study indicate that a single comprehensive model can be developed by incorporating both age and breed variables. The findings of the study have demonstrated the effects of age, breed, and their combined interaction. Thus, utilizing a single linear regression model that incorporates both age and breed variables not only reveals the effects of body measurements on body weight but also highlights the differences among breed and age groups.

In conclusion, multiple linear regression analysis identified chest girth, rump width, and rump height as the most significant morphological traits for estimating body weight in sheep. Furthermore, age and breed effects combined with body measurements were significant, and it was concluded that the live weight of 3-year-old Morkaraman sheep was the highest. Based on these results, it is recommended that sheep farmers adopt targeted measurement protocols that focus on these morphological traits for accurate body weight estimation. This is particularly beneficial in farms without weighing devices or in pasture-based systems. By implementing these protocols, farmers can enhance their breeding decisions, refine management practices, and develop selection strategies tailored to specific breeds and age

groups. Such an approach not only optimizes production efficiency but also promotes the overall health and welfare of the herd. Furthermore, it is suggested that researchers investigate the relationships between additional morphological traits and body weight across various breeds and environmental conditions. Conducting longitudinal studies to monitor changes in body composition over time would yield valuable insights into growth patterns and aid in refining estimation models. Collaborating with field practitioners can enhance the practical applicability of research findings and contribute to the advancement of sheep management practices.

Acknowledgement(s)

Thank you to Atatürk University Food and Livestock Application and Research Center for providing animal material and experimental area.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

During this study, no financial or material support was received from any pharmaceutical company, medical device manufacturer or supplier, or any commercial entity directly connected to the research subject, which could have potentially influenced the study's evaluation process.

Authors' Contributions

Motivation / Concept: Uğur ÖZENTÜRK

Design: Uğur ÖZENTÜRK, Ömer ELTAS

Control/Supervision: Okan DEMİR

Data Collection and / or Processing: Uğur ÖZENTÜRK

Analysis and / or Interpretation: Ömer ELTAS, Ali Alparslan SAYIM

Literature Review: Uğur ÖZENTÜRK, Ömer ELTAS

Writing the Article: Uğur ÖZENTÜRK, Ali Alparslan SAYIM

Critical Review: Ömer ELTAS, Okan DEMİR, Ali Alparslan SAYIM

Ethical Approval

The study was ethically approved by the Local Ethics Committee of Atatürk University Animal Experiments, with approval number 104 from the session numbered 2022/6 on 31st May 2022.

References

1. Esen VK, Elmaci C. The estimation of live weight from body measurements in different meat-type lambs. *J Agr Sci-Tarım Bil.* 2021;27(4):469-75.
2. Yakar G. Afyonkarahisar ilinde köy şartlarında pırlak koyunlarının canlı ağırlık ve beden ölçülerini etkileyen çevre faktörlerinin belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2019 [cited 2024 Jul 22]. Available from: <https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/handle/11630/6750>
3. Ertuğrul M, Dellal G, Soysal İ, Elmacı C, Akın O, Arat S, et al. Türkiye yerli koyun ırklarının korunması. *Bursa Uludağ Üniv Ziraat Fak Derg.* 2009;23(2):97-119.
4. Tarım ve Orman Bakanlığı, Küçükbaş hayvancılık, koyun yetiştiriciliği [Online]. Tarım ve Orman Bakanlığı, Yerli Koyun Irkları. 2024 [Cited 2024 Aug 3]. Available from: URL:

<https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Belgeler/Hayvancılık/Küçükbaş%20Hayvancılık/Koyun%20Yetiştiriciliği/2020%20YILI/Yerli+Koyun+Irkleri.pdf>

5. İnal Ş, Coşkun B, Dinç DA, Çam M. Reproductive parameters of primiparous Awassi sheep and mortality rates of their lambs in steppe climates. *J Livest Sci.* 2021;12: 262-267.
6. Özen D, Kocakaya A, Ünal N, Özbeyaz C. A recursive path model for estimation of the live weight using some body measurements in Awassi sheep. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 2019;66(3):303-10.
7. Onk K, Sari M, Gurcan IS. Estimation of live weights at the beginning and the end of grazing season in Tuj lambs via scores of factor analysis. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 2018;65(3):261-266.
8. Ambarcıoğlu P, Kaya U, Özen D, Gürcan İS. An examination of the relationships between live weight and body measurements in Karacabey Merino sheep through the path analysis approach. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2017;23(6):857-863.
9. Sabbioni A, Beretti V, Superchi P, Ablondi M. Body weight estimation from body measures in Cornigliese sheep breed. *Ital J Anim Sci.* 2019;19(1):25-30.
10. Ibrahim A, Artama WT, Budisatria IGS, Yuniawan R, Atmoko BA, Widayanti R. Regression model analysis for prediction of body weight from body measurements in female Batur sheep of Banjarnegara District, Indonesia. *Biodiversitas.* 2021;22(7):2723-2730.
11. Kumar S, Dahiya SP, Malik ZS, Patil CS. Prediction of body weight from linear body measurements in sheep. *Indian J Anim Res.* 2018;52(9):1263-6.
12. Abera Feyissa A, Kebede Kefeni K, Amaha N. Application of body measurements of blackhead Somali sheep as parameters for estimation of live weight. *Iran J Appl Anim Sci.* 2018;8(4):647-52.
13. Kılıç I, Özbeyaz C. Live weight estimation of Karayaka and Bafra (Chios x Karayaka B1) sheep using some body measurements. *Lalahan Hay Araşt Enst Derg.* 2010;50(1):1-11.
14. Özen D, Kocakaya A, Özbeyaz C. Estimating relationship between live body weight and type traits at weaning and six months of age in Bafra lambs using canonical correlation analysis. *J Anim Plant Sci-JAPS.* 2021;31(2):386-393.
15. Şahin Ö, Boztepe S, Keskin İ. Anadolu Merinosu erkek kuzularında besi dönemi vücut ölçülerine ait ortalamalardan canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve yem tüketiminin tahmini. *Selcuk J Agr food Sci.* 2018;32(2):142-145.
16. Sarı M, Önk K, Aksoy AR, Tilki M, Işık SA. Hemşin kuzularında büyüme ve bazı vücut ölçülerinin belirlenmesi. *Lalahan Hay Araşt Enst Derg.* 2014;54(1):15-20.
17. Yılmaz A, Daşkiran İ. Ekstansif koşullarda yetiştirilen Kilis keçilerinde canlı ağırlık ve vücut ölçüleri arasındaki korelasyonlar ve bazı tanımlayıcı ölçüler. *JOTAF.* 2018;15(1):51-6.
18. Rather MA, Bashir I, Hamdani A, Khan NN, Ahangar SA, Nazki M. Prediction of body weight from linear body measurements in Kashmir Merino sheep. *Adv Anim Vet Sci.* 2021;9(2):189-93.
19. Norris D, Brown D, Moela AK, Selolo TC, Mabelebele M, Ngambi JW, Tyasi L. Path coefficient and path analysis of body weight and biometric traits in indigenous goats. *Indian J Anim Res.* 2015;49(5):573-8.
20. Tatliyer Tunaz A. Görüntü işleme ve klasik yöntem ile şami ve halep keçilerinde canlı ağırlık tahminlenmesi. *TURKJANS.* 2021;8(4):913-927.
21. Yağanoğlu AM. A Comparative study of the nonlinear methods for estimating body weight based on body measurements in different sample sizes in Morkaraman sheep. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2022;28(2):261-5.
22. Çelikeloğlu K, Tekerli M. Prediction of body weight from body measurements in Pirlak Lambs. *Int J Adv Multidiscip Res.* 2018;5(6):56-8.
23. Ogah MD, Hassan ID, Musa IS. Path analysis of the relationship between various body measurement and live weight in immature West African Dwarf goats. *Analele IBNA.* 2009;25:72-77.

24. Tyasi TL, Tyasi YF, Tyasi AL, Lagu S, Ngambu S. A study of relationship between body weight and morphological traits by using path analysis in South African Indigenous sheep. *J Biol Agric Health*. 2015;5(10):1-4.
25. Karabacak A, Altay Y, Aytekin İ. Akkaraman ve İvesi kuzularinin besi sonundaki bazi vücut ölçüleri ile ultrason ölçüleri arasindaki ilişkiler. *Bahri Dağdaş Hayv Arşt Derg*. 2020;8(2):56-64.
26. Araújo JC, Lima ACS, Nunes MPM, Sousa MAP, Serrão GX, Morais EC, Daher LCC, Silva AGM. Relationships among carcass shape, tissue composition, primal cuts and meat quality traits in lambs: A PLS path modeling approach. *Small Rumin Res*. 2020:182, 52-66.
27. Blanco M, Ripoll G, Delavaud C, Casasús I. Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livest Sci*. 2020:240: 104156.
28. Tahtalı Y, Yıldızbaş AT. Comparison of linear and non-linear models for definition of body features of Romanov lambs. *TURJAF*. 2020;8(2):499-503.
29. Yetişgin SO. Bafra koyun ve kuzularinin biyometrik özelliklerinin incelenmesi. *TURJAF*. 2019;7(10):1710-1713.
30. Yılmaz O, Cemal I, Karaca O. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. *Trop Anim Health Prod*. 2013;45(2):397-403.



Bal arılarında nosemosise karşı probiyotik, timol, naringenin ve fumagillin uygulamalarının CRITIC-TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi

Emre ŞAHİN^{1,2,a*}, Sedat YELKOVAN^{3,b}, Doğukan ÖZEN^{4,c}

¹Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye

²Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veterinerlik Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

³Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye

⁴Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Veterinerlik Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

0000-0001-7625-1883^a; 0000-0002-7209-6350^b; 0000-0003-1943-2690^c

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:
27 Kasım 24
27 November 24

Revizyon/Revised:
16 Aralık 24
16 December 24

Kabul / Accepted:
03 Ocak 25
03 January 25

Anahtar Sözcükler:

Nosemosis

Bal arısı

Naringenin

CRITIC

TOPSIS

Keywords:

Nosemosis

Honeybee

Naringenin

CRITIC

TOPSIS

©2025 The Authors.
Published by Veteriner
Hekimler Derneği. This is
an open access article
under CC-BY-NC license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



ÖZET

Bal arılarında bağırsak mikroflorasını modüle etmek için antibiyotiklere alternatif olarak probiyotikler ve doğal bitki ekstraktları kullanılmaktadır. Bu bileşikler bağırsakta patojen mikroorganizma kolonizasyonunu önleyerek sürdürülebilir bal arısı üretimi sağlayabilir. Ancak bal arısı hastalıklarını önlemek veya tedavi etmek için uygun ürünleri seçmek zor olabilir. Bu nedenle uygun ürünün belirlenmesinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılabilir. Mevcut çalışmada Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)-Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) entegre yöntemi yardımıyla temel performans parametreleri (mortalite ve bal verimi) ve *Nosema* spp. spor sayısında azalma yüzdesi kriteri kullanarak, nosemosis hastalığını tedavi etmek veya önlemek için fumagillin antibiyotikğine alternatif olarak bazı maddelerin değerlendirmesi amaçlandı. Kriter değerleri önceki araştırma çalışmalarından elde edildi ve ilgili araştırmadaki kontrol gruplarına göre düzenlendi. İlk aşamada kriterlerin (*Nosema* spp. sporları, mortalite ve bal verimi) ağırlıkları, CRITIC analizi kullanılarak hesaplandı. Daha sonra bu kriter ağırlıkları TOPSIS analizinde kullanıldı ve dört alternatif (fumagillin, probiyotikler, timol ve naringenin) sıralandı. *Nosema* spp.'nin spor sayısını azaltma, mortalite ve bal verimi ağırlıkları sırasıyla 0,428, 0,306 ve 0,266 olarak bulundu. Beklendiği gibi fumagillin antibiyotikğinin 0,670 ile en yüksek puanı aldığı belirlendi. Naringenin, probiyotikler ve timol sırasıyla 0,617, 0,411 ve 0,046 puanla fumagillini takip etti. Sonuç olarak, naringenin bal arılarındaki Nosemosis hastalığına karşı etkili bir alternatif ürün olabileceği kanısına varıldı. Ancak mevcut bulguların saha çalışmalarını ile desteklenmesi gerekmektedir.

Evaluation of probiotics, thymol, naringenin, and fumagillin applications against nosemosis in honeybees by CRITIC-TOPSIS method

ABSTRACT

Natural herbal extracts and probiotics have been used as alternatives to antibiotics to modulate honeybee gut microflora. These compounds can provide sustainable honeybee production by preventing pathogenic microorganism colonization in the gut. However, selecting the right products to prevent or treat honeybee diseases can be challenging. Therefore, multi-criteria decision-making (MCDM) methods can be used to determine the suitable product. We aimed to use the Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)-Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) integrated method to evaluate some substances as alternatives to fumagillin antibiotic for treating or preventing nosemosis disease using main performance parameters (mortality and honey yield) and *Nosema* spp. spore count reduction per cent criteria. The criteria values were acquired from previous research studies and adjusted based on the control groups in the relevant research. Criteria (*Nosema* spp. spores, mortality, and honey yield) weights were calculated using CRITIC analysis. These criteria weights were used in the TOPSIS analysis, and four alternatives (Fumagillin, probiotics, thymol, and naringenin) were ranked. The weightage of *Nosema* spp. spores reduction, mortality, and honey yield were 0.428, 0.306, and 0.266, respectively. Expectedly, we determined that the fumagillin antibiotic had the highest score of 0.670. Naringenin, probiotics, and thymol followed the fumagillin with scores of 0.617, 0.411, and 0.046, respectively. In conclusion, we suggested that naringenin might be a potent alternative product against nosemosis in honeybees. However, the present findings must be supported by field studies.

1. Giriş

Nosema ceranae ve *N. apis*, bal arısı sindirim sisteminde kronik enfeksiyonlara neden olan mikrosporidian parazitlerdir (1). Bu etkenlerin neden olduğu nosemosis hastalığı *Apis mellifera* üzerinde, hipofaringeal bezlerin dejenerasyonu, orta bağırsak epitelinin dejenerasyonu, besin emiliminin azalması, yiyecek arama davranışının erken başlaması, hedef bulma ve yönelimin azalması, kolonilerdeki yaşam süresinin azalması, apoptozun baskılanması ve immüno-supresyon dahil olmak üzere bir dizi zararlı etkiye sahip olabilir (2). Bu semptomlar genel olarak bal üretiminin ve polen toplanmasının azalmasına ve en önemlisi de arı ölümlerinin artmasına neden olarak koloninin önemli ölçüde zayıflamasıyla veya koloninin ani çöküşüyle sonuçlanır (3).

Fumagillin antibiyotiği, nosema enfeksiyonlarına karşı etkisi bilinen bir ilaç olmasına rağmen *Nosema* spp. suşları fumagilline karşı değişken seviyelerde antibiyotik direnci sergileyebilir (3). Ayrıca, antibiyotiklerin neden olduğu bağırsak mikrobiyotasındaki disbiyoz bal arılarının *N. ceranae* enfeksiyonlarına duyarlılığını artırabilir (4). Kovanda hızlı bir şekilde bozulmasına rağmen, fumagillin kalıntıları bal ve balmumunda altı aya kadar kalabilmektedir. Diğer yandan insanlarda gösterdiği genotoksik ve tümörojenik özellikleri ve arılara karşı toksisitesi nedeniyle Avrupa Birliği dahil olmak üzere birçok ülkede fumagillin kullanımı yasaklanmıştır (5). Ayrıca, Kuzey Amerika'da satılan fumagillinin üretimi yakın zamanda durdurulmuştur (1). Bu nedenle, nosemosisin önlenmesi ve tedavisi için fumagilline alternatif sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesi ve *Nosema* spp.'ye karşı etkili yeni doğal ajanların bulunması için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Probiyotikler, bağırsak mikroorganizmalarının dengesini değiştirerek hayvanlara fayda sağlayan canlı mikrobiyal gıda takviyeleridir. Özellikle laktik asit üreten bakteriler ventrikül epitelindeki peritrofik membranın kalınlaşmasına neden olarak *Nosema* spp.'nin epitel hücrelerini enfekte etmek için bu membrandan geçmesini engelleyerek bir savunma sağlayabilir (6). Bal arılarına probiyotik uygulanması *N. ceranae* spor sayılarını azaltabilmekte ve hayatta kalma oranını önemli ölçüde arttırabilmektedir (1, 2). Laktik asit bakterileri, maya ve fotosentetik bakteri türü içeren probiyotik karışımlarının *Nosema* spp.'nin etkisini baskıladığı, arıların bağırsak mikrobiyom kompozisyonunu düzenlediği ve dolayısıyla bağırsaklığı iyileştirdiği bildirilmiştir (7). Ancak bal arılarının uygunsuz probiyotiklerle desteklenmesi, arı bağırsaklarında metabolik homeostazın korunmasında önemli olan doğal mikrobiyota kompozisyonunu bozabilir ve sonuç olarak *Nosema* spp. gibi patojen etkenleri teşvik ederek bal arısı ölümlerini artırabilir (8, 9).

Hem antiinflamatuar hem de antioksidan aktiviteye sahip nutrasötikler arasında yer alan naringenin, ağırlıklı olarak narenciye türleri ve domates gibi bazı yenilebilir meyvelerde bulunan, doğal olarak oluşan en önemli flavonoidlerden biridir (10). Naringenin *Nosema* spp. spor yüklerini azaltmadaki etkisi sadece orta düzeyde olsa da, enfekte arıların ömrünü uzatma üzerindeki etkisi, onu *N. ceranae* enfeksiyonları için potansiyel bir koruyucu haline getirebilir. Naringenin *Nosema* spp. sporlarını tamamen ortadan kaldıramayabilir ve bunların yayılmasını etkili şekilde önleyemeyebilir, ancak enfekte arılarda görülen enerjik stres ve yaşam süresinin kısalması gibi semptomları önemli ölçüde azaltabilir veya ortadan kaldırabilir (2).

Timol (3-hidroksi-p-simen), *Thymus vulgaris* L., Lamiaceae ve diğer birçok bitki türünden elde edilen esansiyel yağın bir bileşenidir. Timol *Varroa destructor* olarak adlandırılan parazitik akarlar karşı etkili olmasının yanı sıra bir çok bakteri ve mantar üzerinde inhibe edici bir etki gösterebilmektedir (11). *Nosema* spp. enfeksiyonlarına karşı kullanılan timol spor sayısını azaltma üzerinde etkili olsa da arılarda doza ve mevsimsel etkilere bağlı olarak mortalite oranının artmasına neden olabilmektedir (12).

Nosemosis hastalığına karşı kullanılan birçok doğal bileşen olmasına rağmen bunların başta spor sayısı ve mortalite üzerine olan etkilerinin değişkenlik göstermesi hangi bileşenin kullanılmasının daha uygun olacağı noktasında karar verme problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelmek için çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV)'nin kullanılması alternatif bileşenler arasından en uygun olanının seçilmesinde yardımcı olabilir. ÇKKV sürecini objektif bir yolla sonuca ulaştırmak için Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)-Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi alternatiflerin sıralanması için kullanılabilir. CRITIC yöntemi, kriter ağırlıklandırılmalarının objektif olarak elde edilmesi için kullanılır. Bu ağırlıklandırmalar TOPSIS yönteminde kullanılarak belirli alternatiflerin pozitif ideal çözüme olan

yakınlığına göre sıralanmasını sağlar (13). Nosemosiste tedavinin amacına ulaşabilmesi için spor sayısındaki azalmanın yanı sıra tedavinin arı kolonilerinde meydana getireceği mortalite ve bal verimi değişimi önemli kriterlerdir. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada önceki çalışmalardan elde edilen *Nosema spp.*'nin spor sayısı, mortalite ve bal verimi kriterleri esas alınarak nosemosise karşı kullanılan fumagilline alternatif probiyotik, naringenin ve timol bileşenlerinin etkisinin sıralanması amaçlanmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Verilerin toplanması

Bal arılarında daha önce yapılmış olan deneysel ya da saha çalışmalarındaki *Nosema spp.* sporu azaltma, mortalite ve bal verimi değerleri PubMed, Scopus ve Google Scholar veri tabanlarında taranan son 10 yıl (2015 yılı ve sonrasında) içerisinde yayınlanmış makale verilerinden elde edildi. Literatür verileri taranırken “nosemosis”, “fumagillin”, “naringenin”, “probiotic” ve “thymol” anahtar kelimeleri kullanarak bulunan 11 makale arasından çalışmada kullanılacak kriterlere uygun olan 6 makalenin verisi dikkate alınmıştır. Verilerin elde edildiği çalışmalar aynı ortam, zaman ya da hava koşullarında gerçekleşmediği için standardizasyonun sağlanması amacıyla uygulama gruplarındaki değişimler ilgili makaledeki kontrol gruplarına göre yüzde değişimler şeklinde hesaplandı. Makalelerden elde edilen değerlerin kontrol gruplarına göre değişimlerinin ortalaması Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Verilerin kontrol gruplarına göre yüzde (%) değişim oranlarının ortalamaları.

Table 1: The data's average percentage (%) change rates compared to the control groups.

	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi
Probiyotik	47,20 ^{a,b,c}	99,50 ^a	193,42 ^b
Timol	31,80 ^{d,e}	179,00 ^d	160,00 ^f
Naringenin	66,35 ^{b,d}	93,67 ^d	172,81 ^b
Fumagillin	94,43 ^{b,d,e}	189,50 ^{b,d}	162,28 ^b

Borges ve ark. (2)^a, Klassen ve ark. (1)^b, Tlak Gajger ve ark. (7)^c, Borges ve ark. (14)^d, Vargas-Valero ve ark. (15)^e, Aziz ve ark. (16)^f

Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Diakoulaki ve ark. (17) tarafından geliştirilen CRITIC yöntemi literatür verileri yardımıyla kriter ağırlıklarının objektif bir şekilde hesaplanması için kullanıldı. Bu yöntem, hem kriterler arasındaki korelasyonu hem de kriterlerin kendi değişkenliğini analiz ederek her göstergenin önemini değerlendirir. CRITIC yöntemi subjektif ağırlıklandırma yöntemleriyle karşılaştırıldığında, kriterler arasındaki korelasyonu hesaba katarak, yalnızca her göstergenin değişkenliğini değil, aynı zamanda farklı kriterler arasındaki potansiyel karşılıklı ilişkileri de ortaya koyar.

Maksimum fayda sağlayan kriterler için Denklem 1, minimumda fayda sağlayan kriterler için Denklem 2 kullanılarak makalelerden elde edilen verilerin normalizasyonu yapılarak karar matrisi oluşturuldu. Spor azaltma ve bal verimi maksimum, mortalite ise minimum fayda sağlayan olarak değerlendirildi. Daha sonra normalize karar matrisindeki her kriter için standart sapma değerleri bulundu (σ_j). Normalize karar matrisi değerleri kullanılarak kriterler arasındaki linear korelasyon (r) belirlendi. Kriter çatışmasını ölçmek için Denklem 3 kullanılarak çatışma matrisi oluşturuldu. Çatışma matrisinin kriter değerleri toplanarak standart sapma değerleri ile çarpıldı (Denklem 4) ve her kriter için toplam bilgi miktarı elde edildi (C_j). Son olarak her bir C_j değeri toplam C_j değerlerine bölünerek objektif kriter ağırlıkları (w_j) belirlendi (Denklem 5).

$$r_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{min}}{X_j^{max} - X_j^{min}} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{X_j^{max} - X_{ij}}{X_j^{max} - X_j^{min}} \quad (2)$$

$$R_j = \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (3)$$

$$C_j = \sigma_i \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (4)$$

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k} \quad (5)$$

TOPSIS yöntemi ile alternatif seçeneklerin sıralanması

İlk olarak Hwang ve Yoon (18) tarafından oluşturulan TOPSIS daha sonra Hwang ve ark. (19) tarafından geliştirilerek yeni TOPSIS yöntemi ortaya çıkarılmıştır. Sağlık, mühendislik, tarım ve hayvancılık gibi birçok farklı alanda uygulanabilen bu ÇKKV yönteminin (20) araştırmacılar tarafından ilgi görme nedeni karmaşık matematiksel formüller içermemesinin yanı sıra problemin çözümünde geometrik olarak negatif ideal çözüme en uzak (en kötü durum) yani pozitif ideal çözüme en yakın (en iyi durum) olan değerleri elde etmeye yönelik olmasıdır (20).

Tablo 1'deki veriler Denklem 6 kullanılarak normalize edildi. CRITIC analizi sonucunda bulunan kriter ağırlıkları (w_j) kullanılarak her kriterin ağırlığı ilgili alternatifte bulunan değerle çarpıldı ve ağırlıklandırılmış normalize matris (V) elde edildi. Alternatif seçiminde maksimum katkı (spor azaltma ve bal verimi için maksimum sütun değeri) sağlayacak pozitif ideal çözüm değerleri (Denklem 7) ve minimum katkı (mortalite için maksimum sütun değeri) sağlayacak negatif ideal çözüm değerleri belirlendi (Denklem 8) (21). Pozitif (Denklem 9) ve negatif ideal uzaklık (Denklem 10) değerleri hesaplanarak alternatif seçenekler için S_i^+ ve S_i^- değeri elde edildi. Alternatif seçeneklerin S_i^+ ve S_i^- değerleri Denklem 11'e göre hesaplanarak sıralama değerleri (C_i^+) bulundu (Tablo 5).

$$b_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (6)$$

$$V^+ = (\max_j^{vij}) = (v_1^+, v_2^+, v_3^+ \dots v_m^+) \quad (7)$$

$$V^- = (\min_j^{vij}) = (v_1^-, v_2^-, v_3^- \dots v_m^-) \quad (8)$$

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^+)^2} \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^-)^2} \quad (10)$$

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (11)$$

3. Bulgular

Tablo 1'deki verilerin Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılarak normalize edilmesi sonucunda CRITIC analizi için kullanılacak olan normalize matris elde edilmiştir (Tablo 2). Normalize matris verileri arasındaki lineer korelasyon değerleri bulunduktan sonra bu değerler kullanılarak kriter çatışmasını ölçmek için çatışma matrisi hesaplanmıştır

(Tablo 3). Çatışma matrisinin kriter değerleri toplanarak Tablo 3'te verilen standart sapma değerleri ile çarpılarak kriterlerin toplam bilgi miktarı (C_j) tespit edilmiştir. Kriterlerin toplam bilgi miktarları kullanılarak ilgili kriterin ağırlık oranları (w_j) belirlenmiştir (Tablo 3). CRITIC analizi sonucunda *Nosema spp.* sporunu azaltmanın, mortalitenin ve bal veriminin ağırlıklarının sırasıyla 0,428, 0,306 ve 0,266 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 2: CRITIC için normalize karar matrisi değerleri.

Table 2: Normalized decision matrix values for CRITIC.

	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi
Probiyotik	0,246	0,939	1,000
Timol	0,000	0,110	0,000
Naringenin	0,552	1,000	0,383
Fumagillin	1,000	0,000	0,068

Tablo 3: Kriterler arası korelasyon, çatışma seviyesi ve ağırlık hesaplaması.

Table 3: Calculation of correlation, conflict level and weight between criteria.

	Pearson korelasyon (r)		
	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi
Spor Azaltma	1,000	-0,201	-0,215
Mortalite	-0,201	1,000	0,797
Bal verimi	-0,215	0,797	1,000
	Kriter çatışması		
	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi
Spor azaltma	0,000	1,201	1,215
Mortalite	1,201	0,000	0,203
Bal verimi	1,215	0,203	0,000
	Kriter bilgisi toplamı		
	R_j		
Standart Sapma	2,416	1,404	1,418
	0,431	0,531	0,456
	C_j	1,04	0,75
	w_j	0,428	0,306
			0,266

CRITIC analizinde kullanılan literatür verileri (Tablo 1) TOPSIS analizi için de kullanılarak ilk önce normalize matris değerleri bulundu (Tablo 4). Daha sonra CRITIC analizinde elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS analizine dahil edilmiş ve Tablo 5'te verilen ağırlıklandırılmış normalize matris değerleri hesaplanmıştır. Son olarak bu veriler kullanılarak kriterlerin sıralama değerleri (C_i^+) elde edilmiştir. Verilere dayalı bir şekilde objektif yolla hesaplanan kriter ağırlıklarının TOPSIS analizinde kullanılmasıyla yapılan sıralama sonucunda beklenildiği üzere fumagillinin 0,670'lik skorla birinci sırayı aldığı bulunmuştur. Fumagillini sırasıyla naringenin (0,617), probiyotik (0,411) ve son olarak da timol (0,046) takip etmiştir (Tablo 5).

Tablo 4: TOPSIS için normalize matris değerleri**Table 4:** Normalized matrix values for TOPSIS

	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi
Probiyotik	0,367	0,338	0,560
Timol	0,247	0,608	0,463
Naringenin	0,516	0,318	0,501
Fumagillin	0,734	0,644	0,470

Tablo 5: TOPSIS için ağırlıklandırılmış normalize matris değerleri ile pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri**Table 5:** Weighted normalized matrix values for TOPSIS and positive and negative ideal solution values

	Spor azaltma	Mortalite	Bal verimi	S_i^+	S_i^-	C_i^+
Probiyotik	0,157	0,104	0,149	0,157	0,110	0,411
Timol	0,106	0,186	0,123	0,228	0,011	0,046
Naringenin	0,221	0,097	0,133	0,095	0,152	0,617
Fumagillin	0,314	0,197	0,125	0,103	0,208	0,670
V^+	0,314	0,097	0,149			
V^-	0,106	0,197	0,123			

4. Tartışma ve Sonuç

Spor oluşturan tek hücreli parazitler olan *N. apis* ve *N. ceranae* türleri yetişkin arıların ventrikülüne ait epitel hücrelerini enfekte ederek tahribatına neden olur ve bu da beslenme stresini doğurur. Bunun dışında Nosemosis ile ilişkili olarak yiyecek arama davranışlarında bozulma, ergin arı popülasyonunda ve buna bağlı olarak bal üretiminde azalma görülür. Tüm bu yaşanan sorunların ardından önemli koloni kayıpları meydana gelmektedir (15). Çalışmamızda nosemosis sonucu meydana gelen spor sayısında artış, mortalite ve bal verimi gibi parametreler üzerine daha önceden yapılmış çalışmalarda probiyotik, naringenin, fumagillin ve timol uygulamalarının etkileri CRITIC-TOPSIS Yöntemine göre değerlendirilmiştir.

Çoğu Avrupa ülkesinde de hastalıklı arı kovanlarının tedavisi için antibiyotik kullanımı yasak olduğundan, hastalığın kontrolü esas olarak kovanları nemli olmayan alanlara yerleştirmek, arıları transfer etmek gibi önleyici tedbirler uygulanarak gerçekleştirilir. Fumagillin ile tedavinin mümkün olduğu durumlarda bile hastalığın nüksetme problemi vardır. Çünkü bazı araştırmacılara göre bu kimyasal parazitin sadece vejetatif formlarını öldürebilmektedir. Nosemosis'in tedavisinden sonra bu antibiyotiğin kalıntılarının balda uzun süre stabil kaldığı bildirilmiştir (22, 23, 24, 25)

Klassen ve ark. (1), yaptıkları çalışmada, fumagillini standart kontrol olarak dahil etmişlerdir. Ancak, bu uygulama sonucunda, ilkbahardan sonra *N. ceranae* sporlarında önemli bir azalışa neden olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, fumagillinin kronik enfeksiyonu olan arılarda etkisiz olduğunu ve bu antibiyotiğin ilkbahar tedavisi için etikette belirtildiği şekilde uygulandığında etkisiz olabileceğini göstermektedir. Huang ve Solter (26) tarafından yapılan bir çalışma, bal arılarının fumagillin ile tedavi edilmesinin *N. ceranae* enfeksiyonlarını etkilemediğini göstermiştir. Bu veriler Klassen ve ark. (1)'nin çalışmasının sonuçlarıyla uyusmaktadır. İlkbahar fumagillin tedavisi ayrıca, pozitif kontrole kıyasla yavru veya yetişkin arı çerçeve sayısını veya bal verimini artırmamıştır. Buna karşılık, sonbahar fumagillin tedavisinin üç hafta sonra arı başına *N. ceranae* sporlarının sayısını önemli ölçüde azalttığı ve sonraki ilkbaharda bir azalma olduğu görülmüştür. Bu da fumagillin'in etkinliğinde mevsimsellik faktörünün olabileceğini

düşündürmektedir. Bu çalışmadaki değişken etkinliği, antibiyotik direnci, bal ve bal mumu kontaminasyonu gibi fumagilin'in sağlık riskleri göz önüne alındığında, fumagillinin etkinliğine yakın ya da onu geçebilecek alternatiflerin gerekli olduğu açıktır.

Bal arısı bağırsak mikrobiyotası, *Lactobacillus* cinsindeki çok sayıda laktik asit bakterisi (LAB) ve *Bifidobacterium* cinsindeki bakteriler de dahil olmak üzere çok çeşitli bakterilerden oluşur. Bağırsak mikrobiyotası, pH'ı düşürerek, besin için patojenlerle rekabet ederek; organik asitler, antimikrobiyal peptitler ve bakteriyosinler üreterek bal arılarını patojen enfeksiyonundan korur. Bu mikroorganizma topluluğunu probiyotiklerle takviye ederek beslemek ve geliştirmek, *N. ceranae* enfeksiyonlarını azaltmaya yardımcı olabilir (2). Tlak Gajger ve ark. (7) farklı laktik asit bakterisi, maya ve fotosentetik bakteri türü bulunan bir probiyotiğin arılara uygulanmasının *Nosema* spp. enfeksiyonunun etkisini baskıladığını ve arıların bağırsak mikrobiyom kompozisyonunu değiştirdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın aksine Ptaszyńska ve ark. (8) probiyotikle desteklenen arıların *N. ceranae* enfeksiyonuna karşı daha duyarlı olduğunu ve bağışıklık sistemini olumsuz etkileyebileceğini göstermişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre probiyotiklerin *nosema* sporlarını azaltmak için yetersiz olduğu görülmüş ve bal veriminde düşüslere neden olabileceğinden etkili bir tedavi yöntemi olarak öne çıkmamıştır.

Naringenin, birçok hidroksil grubu barındırması sayesinde doğrudan bir antioksidan olarak etki eden güçlü bir anti-inflamatuar bileşiktir. Memeli hayvanlarda olduğu gibi bal arılarında da tedavi edici yönde umut vadetmektedir. Naringenin spor yüklerini azaltma etkisi yalnızca orta düzeydeyken, enfekte arılarda ömrü uzatma etkisi onu *N. ceranae* enfeksiyonları için potansiyel bir doğal ilaç haline getirebilir. Naringenin *Nosema* sporlarını tamamen ortadan kaldıramayabilir ve yayılmalarını tamamen önleyemeyebilir, ancak enfekte arılarda görülen enerji stresi ve yaşam süresindeki azalma gibi enfeksiyon semptomlarını önemli ölçüde azaltabilir hatta ortadan kaldırabilir. Naringenin anti-inflamatuar özelliği, naringenin ile beslenen enfekte arıların, pozitif kontrol arılarından önemli ölçüde daha uzun yaşamasının nedenini açıklayabilir. *N. ceranae* enfeksiyonunun neden olduğu reaktif oksijen türleri üretimindeki artış ve antioksidan aktivitedeki azalma, enfekte arıların yaşam süresinin azalmasından sorumlu olabilir. Naringenin antioksidan aktivitesi ve serbest radikal üreten enzimleri aşağı yönde düzenleme (down-regulation) yeteneği, bu olumsuz etkileri azaltmış ve daha uzun yaşam sürelerine olanak sağlamış olabilir (2, 9, 14)

Naringenin'in arı ömrünü uzatmasının bir diğer nedeni de arının yağ doku (fat body) kütesini artırıcı yönde etkileyebilmesidir. Bir çalışmada, naringenin ile beslenmenin yüksek yağlı bir diyetle beslenen farelerde lipid metabolizmasını artırdığı görülmüştür. Yağ dokusu, beslenme ve metabolik yollarla olan bağlantıları aracılığıyla uzun ömürle ilişkilidir ve ayrıca birçok bağışıklık ile ilgili genin ifadesinin en yüksek olduğu ana immünojenik organdır. Yağ doku gelişimini artırmak, örneğin lipid açısından zengin arı poleni ile beslenmek, birçok bağışıklık geninin ifadesini artırır ve bu da faydalı olabilir. Ancak, arıları naringenin ile beslenmenin yağ doku gelişimini etkileyip etkilemediğini belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Klassen ve ark. (1), bazı bileşikler; *N. ceranae* enfeksiyonu, koloni popülasyonu, bal üretimi ve kışın hayatta kalma üzerindeki etkisini tarla kolonileri kullanarak değerlendirmişlerdir. Naringenin ile ilkbaharda yapılan uygulamalar *N. ceranae* enfeksiyonunu önemli ölçüde azaltırken, sonbahar uygulamalarından sonraki ilkbahardaki enfeksiyon düzeylerinin de neredeyse önemli bir azalma gösterdiği bildirilmiştir. Şeker şurubunda naringenin uygulaması, kafesteki bal arılarında *N. ceranae* spor sayılarını benzer şekilde azaltmıştır. Naringenin ile *N. ceranae*'nin spor yükünün azalması, antioksidanların bolluğunu artıran ve proinflamatuar sitokin seviyelerini azaltan ve böylece konak direncini artıran anti-inflamatuar aktivitesinden kaynaklanıyor olabilir. Yapılan çalışmaların sonucunda naringenin *N. ceranae* enfeksiyonlarını önemli ölçüde azalttığı, yetişkin arı popülasyonlarını ve bal üretimini artırdığı ortaya çıkarılmıştır (1, 27).

Timolün, önceki bazı çalışmalarda *N. ceranae* ile enfekte olmuş arılardaki spor sayısını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Ancak, Maistrello ve ark. (22) ve Costa ve ark.(24) yaptıkları çalışmalarda inokülasyon sonrası 25. güne kadar herhangi bir önemli etki görmezken, van den Heever ve ark. (28) 17. günden sonra *N. ceranae* sporlarında %40'luk bir azalma görmüştür. Timol bu çalışmada spor sayısında 16. güne kadar bir azalmaya neden olmuştur. Çünkü kekik yağı hem bakteri hem de mantar patojenlerine karşı aktiviteye sahip timol içermektedir. Ancak, bitki özündeki aktif bileşenlerin miktarı kontrol edilemediğinden, saflaştırılmış timole kıyasla bir tedavi bileşeni olarak daha az tercih

edilebilmektedir. Timol gibi kekik yağı da ilk denemelerde arı ölüm oranını etkilememiştir, ancak kekik yağının arılar üzerinde hafif toksik bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (14).

İnokulasyon yöntemleri, parazit süşunun virölansı, deney süresi ve arılara verilen *Nosema* spp. sporlarının yoğunluğu, nihai enfeksiyon seviyeleri ve arıların hayatta kalması üzerinde değişken etkilere sahiptir. Timol'un, pozitif kontrolden daha düşük, ancak farklı bileşenler kullanılan enfekte gruplardan daha yüksek arı ölüm oranına neden olduğu belirlenmiştir. Timol tedavisiyle aynı ölüm oranı Maistrello ve ark. (22) tarafından bildirilmiştir. Bu ölüm oranı, orta derecede toksik bir bileşik olarak sınıflandırılan timoldeki uçucu yağların toksik potansiyeli ile açıklanabilir. Timolün bazı diğer böcek türleri üzerindeki olumsuz etkisi bilinmektedir ve timol, yetişkin sivrisinek ve hamamböceklerinin büyümesini baskılamak ve öldürmek için kullanılmaktadır. Farhadi ve ark. (12), timol uyguladıklarında pozitif kontrole kıyasla *Nosema* spp. sporlarını azalttığını, ancak etkisinin diğer farklı etken maddelerden daha az olduğunu vurgulamışlardır. Bu sonuçlarla benzer şekilde, Costa ve ark. (24), van den Heever ve ark. (28) ve Glavinic ve ark. (11) timol ile tedavi edilen arılarda önemli ölçüde daha düşük *Nosema* spp. spor yükü bildirmişlerdir.

Glavinic ve ark. (11), timolün nosema ile enfekte olmuş arıların sağlığı üzerinde olumsuz etkiler üretmeden olumlu etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Timolün kanıtlanmış anti-nosema etkisi ve ardından nosemanın olumsuz etkilerinin önlenmesi, arıların sağlığı üzerinde faydalı olabilir. Ancak belirli doza bağlı olarak alınan bazı sonuçlar nosema negatif arılarda timolün belirli bozukluklara (oksidatif stres oluşturma, genlerin immünoşüpresyonu ve arı ömrünün azalması gibi yan etkiler) neden olabileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçları akılda tutarak, timolün kontrolsüz ve aşırı kullanımı konusunda dikkatli olunmalıdır. Enfekte ve enfekte olmayan arılara uygulandığında timol aktivitesinin olası mekanizmalarını belirlemek için daha fazla araştırma yapılmalıdır (11). Vargas-Valero ve ark. (15), yaptıkları çalışmada %31,1'lik timol etkinliği gözlemlemişlerdir. Dikkat çekici olan başka bir çalışmada, timolün üç yıl üst üste uygulanmasından sonra nosemosis'i kontrol etmede daha fazla etkinliğe sahip olduğunun bildirilmesidir. Timolün iki yıl daha uygulanmasına devam edilmesi, burada kullanılan dozun etkinliğini doğrulamak için hayati önem taşıyacağını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda *Nosema* spp. sporlarını azaltmanın, mortalitenin ve bal veriminin ağırlıklarının CRITIC-TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesiyle fumagillin'den sonra naringenin probiyotikler ve timole kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Fumagillin *Nosema* spp. sporlarını yok eden en etkili kimyasal madde olmasına rağmen, arı ürünlerinde bıraktığı kalıntılar nedeniyle hem arı hem de insan sağlığını tehdit etmektedir. Amerika'da birçok bölgede ve Avrupa'da yasaklanmasından sonra arıcular ve bu alanda çalışan bilim insanları nosemosis tedavisi için doğal ürünlere yönelmiştir. Daha önceki çalışmalar arasında bazı farklılıkların oluşu; çalışmaların ele alındığı coğrafya, uygulama yapılan arı ırklarının genetik çeşitlilikleri, kullanılan etken maddelerin dozları, mevsimsel farklar vb. gibi nedenlerden dolayı olduğu görülebilmektedir. Tüm bu veriler ışığında; timolün nosemosis tedavisinde etkili olmasına rağmen, doza bağlı olarak arılar üzerindeki toksisitesi nedeniyle yeterli doz ve uygun aralıklarla kullanılması daha uygundur. Probiyotik kullanımı, arıların bağırsağındaki pH'ı ve diğer bağırsak bakterilerini olumlu yönde düzenlemesiyle etkili tedavi yöntemleri arasına girmektedir. Ancak ortamın asiditesini artırarak *Nosema* spp. sporlarının büyümesini teşvik etmek, bağışıklık sitemini olumsuz yönde etkilemek vb. etmenler nedeniyle her zaman yeterli değildir. Bu nedenle doğru probiyotiklerin seçimi için dikkatli olmak gerekmektedir. Naringenin güçlü anti-inflamatuar ve antioksidan özelliklerinden dolayı *Nosema* spp. sporları üzerinde etkili olması ve arı ömrünü uzatması nedeniyle nosemosis tedavisi için ön plana çıkmaktadır. Bunun için *in vitro*, yarı saha ve tam saha deneyleriyle beraber doz ve mevsime dayalı denemelerde bu etken madde üzerine yoğunlaşılması ve sinerjik etki yaratabilecek benzer etken maddeler ile birlikte uygulama çalışmalarının yapılması özellikle yoğun kış kayıplarına neden olan nosemosis tedavisi için oldukça önemlidir. İlgili kriterler genel hatlarıyla nosemosis tedavisindeki başarıyı gösterse de ulaşılan literatür sayısının sınırlı oluşu ve çalışmalar arasındaki tutarsızlıklar mevcut çalışmanın sonucunda etkili olmuştur. İlerleyen yıllarda yapılacak olan yeni çalışmaların verilerine göre yeniden bir analiz yapıp ilgili tedavilerin karşılaştırılmasının tekrarlanması daha doğru sonuçların elde edilmesine olanak sağlayabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır

Finansal Kaynak Beyanı

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Emre ŞAHİN, Doğukan ÖZEN
Denetleme/Danışmanlık: Doğukan ÖZEN
Veri toplama: Emre ŞAHİN, Sedat YELKOVAN
Veri analizi ve yorum: Emre ŞAHİN, Doğukan ÖZEN
Kaynak taraması: Emre ŞAHİN, Sedat YELKOVAN
Makalenin yazımı: Emre ŞAHİN, Sedat YELKOVAN, Doğukan ÖZEN

Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

Kaynaklar

1. Klassen SS, VanBlyderveen W, Eccles L, Kelly PG, Borges D, Goodwin PH, et al. Nosema ceranae infections in honey bees (*Apis mellifera*) treated with pre/probiotics and impacts on colonies in the field. *Vet Sci*. 2021;8(6):107.
2. Borges D, Guzman-Novoa E, Goodwin PH. Effects of prebiotics and probiotics on honey bees (*Apis mellifera*) infected with the microsporidian parasite *Nosema ceranae*. *Microorganisms*. 2021;9(3):481.
3. Georgi I, Didaras NA, Nikolaidis M, Dimitriou TG, Charistos L, Hatjina F, et al. The impact of *Vairimorpha* (*Nosema*) *ceranae* natural infection on honey bee (*Apis mellifera*) and bee bread microbiota. *Appl Sci*. 2022;12(22):11476.
4. Li JH, Evans JD, Li WF, Zhao YZ, DeGrandi-Hoffman G, Huang SK, et al. New evidence showing that the destruction of gut bacteria by antibiotic treatment could increase the honey bee's vulnerability to *Nosema* infection. *PLoS One*. 2017;12(11):e0187505.
5. Commission E. Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin. *Off J Eur Union*. 2010;15(2377):1-72.
6. Maggi M, Negri P, Plischuk S, Szawarski N, De Piano F, De Feudis L, et al. Effects of the organic acids produced by a lactic acid bacterium in *Apis mellifera* colony development, *Nosema ceranae* control and fumagillin efficiency. *Vet Microbiol*. 2013;167(3-4):474-83.
7. Tlak Gajger I, Nejedli S, Cvetnić L. Influence of probiotic feed supplement on *Nosema* spp. infection level and the gut microbiota of adult honeybees (*Apis mellifera* L.). *Microorganisms*. 2023;11(3):610.
8. Ptaszyńska AA, Borsuk G, Zdybicka-Barabas A, Cytryńska M, Małek W. Are commercial probiotics and prebiotics effective in the treatment and prevention of honeybee nosemosis C? *Parasitol Res*. 2016;115(1):397-406.

9. Kunat-Budzyńska M, Budzyński M, Schulz M, Strachecka A, Gancarz M, Rusinek R, et al. Natural substances, probiotics, and synthetic agents in the treatment and prevention of honeybee nosemosis. *Pathogens*. 2022;11(11):1269.
10. Salehi B, Fokou PV, Sharifi-Rad M, Zucca P, Pezzani R, Martins N, et al. The therapeutic potential of naringenin: A review of clinical trials. *Pharmaceuticals*. 2019;12(1):11.
11. Glavinic U, Blagojevic J, Ristanic M, Stevanovic J, Lakic N, Mirilovic M, et al. Use of thymol in *Nosema ceranae* control and health improvement of infected honey bees. *Insects*. 2022;13(7):574.
12. Farhadi Z, Sadeghi AA, Motamedi Sedeh F, Chamani M. The effects of thymol, oxalic acid (Api-BioXal) and hops extract (Nose-Go) on viability, the *Nosema* sp. spore load and the expression of *vg* and *sod-1* genes in infected honey bees. *Anim Biotechnol*. 2023;34(9):4736-45.
13. Hassan I, Alhamrouni I, Azhan NH. A CRITIC–TOPSIS multi-criteria decision-making approach for optimum site selection for solar PV farm. *Energies*. 2023;16(10):4245.
14. Borges D, Guzman-Novoa E, Goodwin PH. Control of the microsporidian parasite *Nosema ceranae* in honey bees (*Apis mellifera*) using nutraceutical and immuno-stimulatory compounds. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227484.
15. Vargas-Valero A, Barrientos-Medina RC, Medina Medina LA. Efficacy of thymol in control of the fungus *Nosema ceranae* in Africanized *Apis mellifera*. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2021;12(2):633-43.
16. Aziz MA, Azeem M, Ahmed MS, Siddique F, Jamal M. Control of *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Acari: Varroidae) on *Apis mellifera linguistica* by using thymol and formic acid in Pothwar region of Punjab, Pakistan. *Asian J Agric Biol*. 2015;3(4):150-4.
17. Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Comput Oper Res*. 1995;22(7):763-70.
18. Hwang CL, Yoon K. Methods for multiple attribute decision making. In: Hwang CL, Yoon K, editors. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1981. p. 58-191.
19. Hwang CL, Lai YJ, Liu TY. A new approach for multiple objective decision making. *Comput Oper Res*. 1993;20(8):889-99.
20. Zulqarnain R, Saeed M, Ahmad N, Dayan F, Ahmad B. Application of TOPSIS method for decision making. *IJSRMSS*. 2020;7(2):76-81.
21. Hanine M, Boutkhom O, Tikniouine A, Agouti T. Application of an integrated multi-criteria decision making AHP-TOPSIS methodology for ETL software selection. *SpringerPlus*. 2016;5(1):263.
22. Maistrello L, Lodesani M, Costa C, Leonardi F, Marani G, Caldon M, et al. Screening of natural compounds for the control of *Nosema* disease in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie*. 2008;39(4):436-45.
23. Higes M, Martín-Hernández R, Botías C, Bailón EG, González-Porto AV, Barrios L, et al. How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse. *Environ Microbiol*. 2008;10(10):2659-69.
24. Costa C, Lodesani M, Maistrello L. Effect of thymol and resveratrol administered with candy or syrup on the development of *Nosema ceranae* and on the longevity of honeybees (*Apis mellifera* L.) in laboratory conditions. *Apidologie*. 2010;41(2):141-50.
25. Özkırım A, Küçüközmen B. Application of herbal essential oil extract mixture for honey bees (*Apis mellifera* L.) against *Nosema ceranae* and *Nosema apis*. *J Apic Sci*. 2021;65(1):163-75.
26. Huang WF, Solter LF. Comparative development and tissue tropism of *Nosema apis* and *Nosema ceranae*. *J Invertebr Pathol*. 2013;113(1):35-41.
27. Iorizzo M, Letizia F, Ganassi S, Testa B, Petrarca S, Albanese G, et al. Recent advances in the biocontrol of nosemosis in honey bees (*Apis mellifera* L.). *J Fungi*. 2022;8(5):424.
28. van den Heever JP, Thompson TS, Otto SJG, Curtis JM, Ibrahim A, Pernal SF. Evaluation of Fumagilin-B® and other potential alternative chemotherapies against *Nosema ceranae*-infected honeybees (*Apis mellifera*) in cage trial assays. *Apidologie*. 2016;47(5):617-30.



doi 10.33188/vetheder.1528679

Olgu Sunumu / Case Report

Surgical management of bilateral symblepharon accompanied by ankyloblepharon in a cat

Cemre IŞIK ŞİMŞEK^{1,a}, İrem ERGİN^{2,b*}, Oytun Okan ŞENEL^c

¹ Ankara University Graduate School of Health Sciences, 06070, Ankara, Türkiye

² Ankara University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Surgery, 06070, Ankara, Türkiye

0000-0002-6801-0358^a; 0000-0003-2373-5133^b; 0000-0002-9008-9437^c

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

06 Ağustos 24

06 August 24

Revizyon/Revised:

03 Eylül 24

03 September 24

Kabul / Accepted:

30 Eylül 24

30 September 24

Anahtar Sözcükler:

Adezyon

Konjunktivalizasyon

Feline Herpesvirüs-1

(FHV-1)

Limbal yetmezlik

Keywords:

Adhesion

Conjunctivalization

Feline Herpesvirus-1

(FHV-1)

Limbal deficiency

©2025 The Authors.

Published by Veteriner

Hekimler Derneği. This is

an open access article

under CC-BY-NC license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



ABSTRACT

Feline herpesvirus infections, frequently observed in cats, lead to chronic conjunctival adhesions resulting in vision impairment in affected animals, following intense inflammatory responses occurring in the eye and periocular tissues. These adhesions are classified as symblepharon or ankyloblepharon according to the anatomical types. This case report describes the clinical evaluation of symblepharon and ankyloblepharon seen together in a kitten, along with the treatment approach. In the study, a 3-month-old male kitten, presented with bilateral eyelid deformations and extensive conjunctival adhesions on the cornea, was diagnosed with severe symblepharon and ankyloblepharon. Subsequently, surgical intervention was performed, and the adhesions were carefully separated. During the surgery, it was observed that the conjunctiva did not adhere to the cornea and limbus area. In the animal that experienced a sole postoperative recurrence, proliferation and adhesions were observed exclusively in the palpebral conjunctivae, which were subsequently removed and supported with medical treatment. No recurrence was observed in the cat, which was followed for approximately 5 months.

Bir kedide bilateral ankiloblefaronun eşlik ettiği simblefaronun cerrahi yönetimi

ÖZET

Kedilerde sıklıkla görülen kedi herpesvirüs enfeksiyonları, göz ve göz çevresi dokularda oluşan yoğun yangısal yanıtları takiben, etkilenen hayvanlarda kronik konjunktival adezyonlara yol açarak görme bozukluğuna neden olur. Bu adezyonlar anatomik tiplerine göre simblefaron veya ankiloblefaron gibi isimler alır. Bu olgu sunumunda bir yavru kedide ankiloblefaron ile birlikte görülen simblefaronun klinik değerlendirmesi ve sağaltım yaklaşımı anlatılmaktadır. Çalışmada, iki taraflı göz kapağı deformasyonları ve korneada yaygın konjunktival yapışıklıklar ile başvuran 3 aylık erkek yavru kediye, şiddetli simblefaron ve ankiloblefaron tanısı konuldu. Daha sonra cerrahi müdahale yapılarak yapışıklıklar dikkatlice ayrıldı. Operasyon sırasında konjunktivanın kornea ve limbus bölgesine yapışmadığı görüldü. Operasyon sonrası bir kez nüks görülen hayvanda, yalnız palpebral konjunktivalarda bir üreme ve yapışıklık görülürken bu kısımlar da uzaklaştırılarak medikal sağaltımla desteklendi. Yaklaşık 5 ay takip edilen kedide herhangi bir nüks görülmedi.

How to cite this article: Işık Şimşek C, Ergin İ, Şenel OO. Surgical management of bilateral symblepharon accompanied by ankyloblepharon in a cat. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96(1):62-67.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: iremerg@gmail.com

1. Introduction

Symblepharon manifests when two epithelialized surfaces, one of which is the conjunctiva, undergo ulceration and subsequently adhere to each other through the substantia propria. It commonly involves the nictitating membrane and the cornea (1). While the etiology remains uncertain, it has been established that feline herpesvirus type 1 (FHV-1) infections predispose individuals to this condition (2). Conjunctival adhesions are rarely seen in dogs and it usually occurs as a result of trauma and chemical burns (3). This condition can occasionally be observed in cats (4). In horses, symblepharon may arise subsequent to traumas, while in birds, it may occur following severe systemic infections (5).

Ankyloblepharon is defined by partial or complete adhesion of upper and lower eyelid margins (6). In both situations, surgical intervention is necessary. The adhesions are carefully removed to preserve the integrity of the corneal surface and the normal anatomical structure of the eye. In the postoperative period, recurrence is attempted to be prevented by the use of anti-inflammatory eye drops and eye lubricants (7).

This case report aimed to present the clinical evaluation and treatment approach of symblepharon and ankyloblepharon disease occurring together in a kitten.

2. Case Story

A three-month-old, male, tabby cat was brought to Ankara University Faculty of Veterinary Medicine Animal Hospital Ophthalmology Clinic with complaints of abnormalities in the anatomical structure of both eyes and loss of vision. In the anamnesis, it was learned that the cat was adopted from the street and had not received vaccinations.

Ophthalmological examination revealed severe deformation in the eyelids of both eyes and a large conjunctive tissue completely covering the corneal surface. The protruding third eyelid covered almost the entire surface of the eye, with the bulbar and palpebral conjunctiva completely attached. There was an opening approximately 1 mm in diameter at the center of the right eye and 2 mm in the left eye. Ankyloblepharon was observed along the line of the lateral canthus (Figure 1). FHV-1 antibody was detected positive by ELISA test in swab samples taken from the conjunctiva.



Figure 1: Right eye of the kitten with severe symblepharon and ankyloblepharon. The upper and lower palpebral conjunctival regions were adherent across all but the smallest area in the center. Note the fused eyelid at lateral canthus. Extensive deformation of the contours of the upper and lower eyelids were observed.

Şekil 1: Şiddetli simblefaron ve ankiloblefaronlu yavru kedinin sağ gözü. Merkezdeki en küçük alan dışında üst ve alt palpebral konjunktival bölgelerin tamamen yapışık olduğu görülmektedir. Göz kapağının lateral kantus hizasında yapıştığı dikkati çekmektedir. Üst ve alt göz kapaklarının dış hatlarında yaygın deformasyon gözlenmektedir.

In the ultrasonographic examination, no pathology was observed in the bilateral vitreous, retina, and optic disc. Only a few hyperechoic foci were noted in the lens cortex (Figure 2). It was thought that these structures might be congenital.

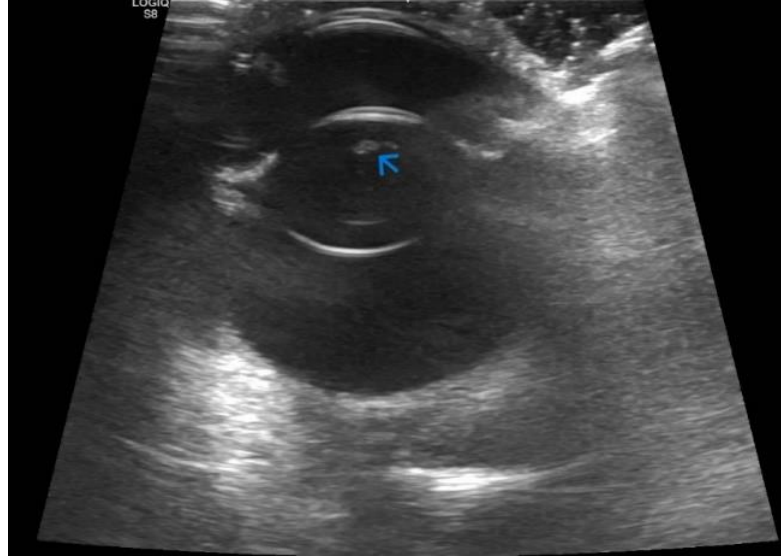


Figure 2: Sonographic view of the right eye revealed no evident pathology within the ocular structures. However, hyperechoic foci were identified in the lens cortex, which do not interfere with vision (blue arrow).

Şekil 2: Sağ gözün ultrasonografik incelemesinde oküler yapılarda belirgin bir patoloji görülmedi. Ancak lens korteksinde görmeyi engellemeyen hiperekoik odaklar tespit edildi (mavi ok).

In surgery, ankyloblepharon at the lateral canthus was revised to conform to the anatomical region. All adhesions between the dorsal and ventral edges of the third eyelid and the palpebral and bulbar conjunctiva were carefully dissected to release the third eyelid. The third eyelid was fixed to its normal anatomical position at the medial canthus by using 5/0 monofilament absorbable suture material. Firstly, the purse string was initiated at the ventral aspect of the medial canthus by introducing the suture from the dermal surface into the conjunctival fornix. Subsequently, a prolonged subconjunctival pass was executed along the freshly incised ventral margin of the third eyelid, emerging proximate to its anterior margin. Two additional extensive subconjunctival sutures were then traversed sequentially. Finally, the suture was guided from the dorsomedial conjunctival fornix outward through the dermal layer just dorsal to the medial canthus, and the purse string was pulled tight to retract the third eyelid into the medial orbit. Corneal conjunctivalization surgically removed from both eyes under the microscope.

Amoxicillin-clavulanic acid (20 mg/kg, twice daily, orally), tobramycin (four times daily), and sodium hyaluronate eye drops (four times daily) were administered for postoperative one week. Three months postoperative, the conjunctival tissue had migrated from the palpebrae and surrounded the eye, but had not reached the cornea. (Figure 3). Adhesions were removed and the palpebrae loosed. No recurrence was observed during the 6 months of postoperative follow-up.

3. Discussion and Conclusion

Conjunctival pathologies can lead to vision loss, particularly in kittens, and are often seen as ophthalmological complications of FHV-1 infections (8). Neonatal ophthalmia predisposes individuals to the development of ankyloblepharon. This condition may be linked to delayed or incomplete eyelid opening in puppies during the subsequent days. Bacterial conjunctivitis is prevalent in such animals and may coexist with FHV-1 (6, 9). The severity

of the ocular lesions observed in the presented case, relative to the age of the cat, reinforced the likelihood of neonatal ophthalmia attributed to herpesvirus.



Figure 3: Postoperative 3rd month view of the left eye. It was observed that conjunctival tissue had migrated from the palpebrae and surrounded the eye. The corneal surface was transparent.

Şekil 3: Sol gözün postoperatif 3. ay görüntüsü. Konjunktiva dokusunun palpebradan göç ederek gözü çevrelediği görülmektedir. Kornea yüzeyinin saydamlığını koruduğu dikkati çekmektedir.

FHV-1 emerges as the principal viral etiology of ocular surface infections, impacting the limbal region as well (10). The high prevalence of herpesvirus infection in the global feline population, its particular affinity for epithelial cells of the eye and nasal mucosa, and its rapid viral replication, resulting in acute cellular damage to these tissues, underscore the significance of this infection (11). Especially in cases where the limbal region is affected, the progression of the conjunctiva towards the corneal surface, defined as conjunctivalization, is a condition that may be encountered in herpesvirus-infected cats (12). In the presented case, despite the corneal surface being covered with extensive conjunctival tissue, the absence of adhesion and the absence of conjunctivalization originating from the limbal region may suggest that the virus did not affect the limbus. This is supported by the absence of tissue growth that would compromise the transparency of the cornea following the removal of adhesions postoperatively.

The diagnosis of symblepharon and ankyloblepharon can be readily established through clinical examination. Eyelid deformities, diminished corneal transparency, and vision impairment represent the most prevalent clinical observations (3, 13). The predominant clinical manifestation observed in the assessed case was the presence of dense conjunctival tissue enveloping the entire ocular surface, resulting in vision impairment in the animal. The lacrimal puncta were not discernible in either eye; nonetheless, the absence of epiphora and only a mild brown ocular discharge were noted.

For symblepharon in cats, Shiraishi proposed a clinical grading system encompassing five anatomical classifications: (i) eyelid deformity, (ii) fusion of eyelid margins (ankyloblepharon), (iii) conjunctival adhesion to conjunctiva, (iv) conjunctival adhesions of the third eyelid, and (v) corneal-conjunctival adhesions. In the study, eyelid deformation emerged as the most prevalent manifestation of symblepharon, followed by conjunctival adhesions of the third eyelid (9). Upon clinical assessment of the presented case, it was observed that it exhibited characteristics consistent with multiple types of symblepharon, including severe bilateral eyelid deformations, conjunctival-conjunctival adhesions, adhesion of the third eyelid to surrounding tissue, and formation of ankyloblepharon at the lateral canthus level.

In the study, intraocular structures were assessed via ultrasonographic examination of both eyes prior to the procedure. Ocular ultrasonography represents a safe and noninvasive diagnostic modality facilitating the evaluation of intraocular structures. This technique, utilized in scenarios where direct clinical examination of the eye is not feasible,

enables assessment of treatment efficacy and disease prognosis (14).

In the management of symblepharon and ankyloblepharon, surgical intervention involves the excision of adhesions between the palpebral and bulbar conjunctivae, along with those involving the third eyelid, and removal of conjunctival tissue from the corneal surface (15). In our case, while the extensive adhesions were surgically excised, the adhesions could be easily separated through blunt dissections. Although the conjunctiva extensively enveloped the entire ocular surface, the recurrence observed postoperatively was attributed to the preserved corneal transparency, lack of direct adherence of conjunctival tissue to the corneal surface, and absence of conjunctivalization.

In conclusion, following thorough evaluation of intraocular structures utilizing appropriate diagnostic imaging modalities, precise surgical intervention conducted on eligible patients can enhance the animal's vision and consequently elevate its quality of life.

Conflict of Interests

The authors declare that there were no conflicts of interest.

Funding

The authors received no specific funding for this work.

Authors' Contributions

Motivation / Concept: Cemre IŞIK ŞİMŞEK, İrem ERGİN

Design: Cemre IŞIK ŞİMŞEK, İrem ERGİN

Control/Supervision: Oytun Okan ŞENEL

Data Collection and/or Processing: Cemre IŞIK ŞİMŞEK

Literature Review: Cemre IŞIK ŞİMŞEK, İrem ERGİN

Writing the Article: Cemre IŞIK ŞİMŞEK, İrem ERGİN, Oytun Okan ŞENEL

Critical Review: İrem ERGİN, Oytun Okan ŞENEL

Ethical Approval

An ethical statement was received from the authors that the data, information and documents presented in this article were obtained within the framework of academic and ethical rules, and that all information, documents, evaluations and results were presented in accordance with scientific ethics and morals.

References

1. Li T, Shao Y, Lin Q, Zhang D. Reversed skin graft combining with lip mucosa transplantation in treating recurrent severe symblepharon: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(35):1-4.
2. Kim Y, Kang S, Seo K. Application of superficial keratectomy and soft contact lens for the treatment of symblepharon in a cat: a case report. *J Vet Sci*. 2021;22(2):1-5.
3. Hendrix DV. Diseases and surgery of the canine conjunctiva and nictitating membrane. In: Gelatt KN, Gilger BC, Kern TJ, eds. *Veterinary Ophthalmology*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 2012:945-975.
4. Senel OO, Ergin I. Medical and surgical treatment of severe corneal alkaline burn in a cat. *Vet Hek Der Derg*. 2014;85(1):24-28.
5. Williams DL, Flach E. Symblepharon with aberrant protrusion of the nictitating membrane in the snowy owl (*Nyctea scandiaca*). *Vet Ophthalmol*. 2003;6(1):11-13.
6. Gelatt K. *Veterinary Ophthalmology*. 4th ed. Blackwell Publishing; 2007.
7. Kumar P, Punnoose SE, Jain V. Grade I ankyloblepharon following chemical burn. *Plast Reconstr Surg*. 2005;116(4):1175-1176.

8. Spiess BM. Conjunctiva and third eyelid. In: Martin CL, Pickett JP, Spiess BM, eds. *Ophthalmic Disease in Veterinary Medicine*. Boca Raton: CRC press Taylor, Francis; 2019:235-280.
9. Shiraishi H, Vernau KM, Kim S, Good KL, Hollingsworth SR, Sebbag L, Maggs DJ. Symblepharon in kittens: a retrospective study of 40 kittens and 54 eyes (2002–2022). *J Feline Med Surgery*. 2023;25(2):1-13.
10. Ledbetter EC, Badanes ZI, Chan RX, Donohue LK, Hayot NL, Harman RM, Van de Walle GR, Mohammed HO. Comparative Efficacy of Topical Ophthalmic Ganciclovir and Oral Famciclovir in Cats with Experimental Ocular Feline Herpesvirus-1 Epithelial Infection. *J Ocul Pharmacol Ther*. 2022;38(5):339-347.
11. Gould D. Feline Herpesvirus-1: Ocular Manifestations, Diagnosis and Treatment Options. *J Feline Med Surg*. 2011;13:333-346.
12. Sainkaplan S, Irdem DI, Ergin I. Assessment of Ocular Lesions in a Persian Cat Concurrently Infected with *Chlamydia felis*, Herpesvirus and Coronavirus. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*. 2022;28(6):781-784.
13. Maggs DJ. Diseases of the conjunctiva. In: Maggs DJ, Miller P, Ofri R, eds. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2018:158-177.
14. Gallhoefer NS, Bentley E, Ruetten M. Comparison of ultrasonography and histologic examination for identification of ocular diseases of animals: 113 cases (2000–2010). *J Am Vet Med Assoc*. 2013;243(3):376-387.
15. Glaze MB, Gelatt K. Feline ophthalmology. In: Gelatt KN, ed. *Veterinary Ophthalmology*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 1999:1024-1124.



doi 10.33188/vetheder.1475285

Olgu Sunumu / Case Report

Aksaray malaklısı gebe bir köpekte leiomyom ile komplike vajinal prolapsus ve torsiyonu uteri olgusu

Cansu ASLAN ÇATAKLI^{1*}, Zeynep GÜNAY UÇMAK², İsmail KIRŞAN², Özge ERDOĞAN BAMAÇ³, Necati ÖZTÜRK¹

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Avcılar, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı, Avcılar, Türkiye

³ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı

0000-0001-5580-7360¹; 0000-0003-2530-1291^{2a}; 0000-0003-0780-0118^{2b}; 0000-0002-0352-4841³; 0000-0002-7154-0894¹

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION:

ÖZET

Geliş / Received:
02 Mayıs 24
02 Mayıs 24

Revizyon/Revised:
21 Eylül 24
21 Eylül 24

Kabul / Accepted:
04 Kasım 24
04 Kasım 24

Anahtar Sözcükler:
Köpek
Leiomyom
Vajinal prolapsus
Torsiyonu uteri

Bu olgu raporunda, 7,5 aylık, 38 kg ağırlığındaki Aksaray Malaklısı ırkı gebe bir köpekte torsiyonu uteri ile birlikte seyreden prolapsus vajina olgusu anlatılmaktadır. Dişi köpek, kliniğimize bir aydır vajinadan prolabe olan kitle şikayetiyle getirildi. Köpeğin ilk proöstrusunun altı aylıkken şekillendiği, bu süreçte herhangi bir vajinal patolojinin gözlemlenmediği ve hasta sahibi tarafından köpeğin çiftleştirilmediği bilgisi alındı. Vajinal muayenede, tam prolabe olan vajina dokusunda nekroze alanlar tespit edildi. Hasta sondalanarak, idrar yollarının normal pozisyonda olduğu belirlendi. Tam kan sayımı ve bazı biyokimyasal parametreler değerlendirildi. Ultrasonografik muayenede köpeğin, yaklaşık 40 günlük gebe olduğu ve yavrularda kalp atımı olmadığı belirlendi. Tedavi amacıyla, ovariohisterektomi ve prolabe olmuş vajinaya cerrahi müdahale uygulandı. Ovariohisterektomi sırasında sağ kornu uterininin arka tarafının hem kendi eksenini hem de sol kornu uterininin çevresinde 180° torsiyona uğradığı görüldü. Ovariohisterektomi sonrasında tam prolabe olan vajina dokusu ekstirpe edildi ve histopatolojik inceleme için patolojiye sevk edildi. Histopatoloji neticesinde, vajina dokusunda şiddetli yangı ve leiomyom tespit edildi. Gebelik süresince artan progesteron nedeniyle vaginal leiomyomda büyüme şekillendiği ve vajinadan prolabe olan dokuların büyüklüğünün artarak belirgin bir hal aldığı düşünülmektedir. Bu büyüme sebebiyle gerilen ve gebelik nedeniyle hacimsel artışa sahip uterusu torsio şekillendiği tahmin edilmektedir. Sunulan olguda, köpeklerde prolapsus vajina olgularının ilk siklusa görülebileceği, iyi huylu tümörlerle birlikte seyredebileceği ve gebelik şekillenen köpeklerde torsiyonu uteriye sebep olabileceği kanısına varıldı. Bu tarz komplike vakaların detaylı klinik ve histopatolojik muayene ile değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varıldı.

A case of vaginal prolapse and torsion uteri complicated by leiomyoma in a pregnant Aksaray malaklı dog

ABSTRACT

In this case report, a case of prolapsed vagina with torsion uteri in a pregnant Aksaray malaklısı breed dog, aged 7.5 months and weighing 38 kg, is described. A female dog was brought to our clinic with a complaint of a mass protruding from the vagina for one month. In the anamnesis, dog's first proöstrus bleeding occurred at the age of six months, no vaginal pathology was observed during this period, and the patient owner did not observe the dog mating. During vaginal examination, necrotic areas were detected in the completely prolapsed vaginal tissue. Urinary bladder was catheterized, and it was determined in normal position. Complete blood count and some biochemical parameters were evaluated. As a result, moderate leukocytosis and anemia were observed, but no abnormality was detected in biochemical parameters. In ultrasonographic examination, it was determined that the dog, was approximately 40 days pregnant and that there was no heartbeat in the puppies. For treatment ovariohysterectomy and surgical intervention to the prolapsed vagina were performed. During laparotomy, it was observed that the posterior side of the right uterine horn had a 180° torsion both around its own axis and the left uterine horn. After ovariohysterectomy, the fully prolapsed vaginal tissue was extirpated and sent to pathology for histopathological examination. As a result of histopathology, severe inflammation and leiomyoma were detected in the vaginal tissue. It is thought that due to the increasing progesterone during pregnancy, growth occurs in vaginal leiomyoma and the prolapsed part of the vagina increases and becomes more apparent. It is estimated that torsion occurs in the uterus, which is stretched due to this growth and has an increase in volume due to pregnancy. In the presented case, it was concluded that prolapsed vagina cases in dogs can be seen in the first cycle, can be accompanied by benign tumors, and can cause torsion uteri in pregnant dogs. It was recommended that such complicated cases should be evaluated with detailed clinical and histopathological examination.

©2025 The Authors.
Published by Veteriner Hekimler Derneği. This is an open access article under CC-BY-NC license. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



How to cite this article: Çatakli Aslan C, Uçmak Günay Z, Kırşan İ, Bamaç Erdoğan Ö, Öztürk N. Aksaray malaklısı gebe bir köpekte leiomyom ile komplike vajinal prolapsus ve torsiyonu uteri olgusu. Vet Hek Der Derg. 2025; 96(1):68-75

* Sorumlu Yazar e-posta adresi / Corresponding Author e-mail address: vetcansu@gmail.com

1. Introduction

Vaginal masses protruding from the vulva may result from vaginal fold prolapse (VFP), true vaginal prolapse (TVP), vaginal neoplasms, uterine prolapse, urethral neoplasia, clitoral hypertrophy, vaginal polyps, vaginal abscess, or hematomas (1). The degree of vaginal protrusion in dogs is clinically classified into three types (2, 3). Type 1 is defined as mild to moderate protrusion of the vaginal base cranial towards the external urethral orifice. The protruding tissue can be diagnosed by vaginal or vaginoscopic examination, but it cannot be diagnosed through the vulva (2). In type 2, vaginal tissue originating from the base of the cranial vagina prolapses through the vulva and becomes visible through the vulvar labiums. It usually appears as a narrow-based tongue-shaped mass or spherical-shaped mass (4). Type 3 is defined as complete prolapse of the entire perimeter of the vaginal wall (5). It is visualized as a donut-shaped or ring-shaped mass (6). The urethral opening can be easily identified on the ventral side of the prolapsed mass (3). Type 3 vaginal prolapse may be complicated by a retroflexed bladder, which has been reported to cause urethral obstruction leading to life-threatening azotemia. It has been reported that ultrasonography of prolapsed tissues contributes greatly to the early diagnosis of complicated cases (7). Prolapsed vagina cases occur mostly during the proestrus and estrus periods of the estrous cycle of dogs and the situations when serum estrogen concentration is high (50 to 100 pg/mL) (8,9). Vaginal hyperplasia may subside spontaneously during diestrus but usually reappears during the next estrus in 66-100% of cases (9). Vaginal prolapse Type 3 cases were described during pregnancy and especially in the last trimester of pregnancy (2). True vaginal prolapse occurring during pregnancy in dogs is associated with low progesterone levels and high estrogen levels (10). Treatment options are determined related to the severity and degree of the prolapse and use of the dog in breeding. Surgical interventions such as hysteropexy, cervicopexy, amputation of the mass and/or sterilization may be used (11).

Günay Uçmak et al. (12) investigated the amounts of estrogen receptor, progesterone receptor and epidermal growth factor receptors in the vaginal tissue in dogs with vaginal tumor and vaginal fold prolapse and they observed that the estrogen receptor level was significantly higher in dogs with vaginal tumor than in dogs with vaginal prolapse. Vaginal leiomyoma may be oval or round in shape, usually well defined, encapsulated, single or multiple structures (13). Most vaginal leiomyomas in dogs express progesterone receptors and have been reported to respond to treatment with the progesterone antagonist aglepristone, reducing their size (14).

The incidence of uterine torsion during pregnant dog is higher than in non-pregnant ones. In dogs, one or both uterine horns can rotate around their own long axis or around each other. In some cases, the uterus may even torsion around its axis. It is stated that the possibility of unilateral torsion is higher than bilateral torsion (15, 16). Severe torsion can cause blockage of blood flow to the uterus, resulting in thrombosis or rupture of uterine vessels, congestion, shock, and fetal or maternal death (8). In this case report, the clinical approach and treatment intervention for a case of prolapsed vagina complicated by uterine torsion and vaginal leiomyoma in a young and pregnant dog is described.

2. Case Story

A 7.5-month-old Aksaray Malaklı breed dog, weighing 38 kilograms, was brought to our clinic with the complaint of a mass protruding from the vulva for one month (Figure 1 A). The information was received that this dog had its first cycle at the age of six months and that no pathological conditions were observed in the vagina during this period and there was no pain during urination. In the clinical examination, the mucosa color was pale pink, body temperature was 37.8°C, respiratory rate was 22bpm/min, and heart rate was 110bpm/min. Abdominal palpation showed no signs of pain, and vaginal examination revealed necrotic foci on the ventral surfaces of the prolapsed vaginal tissue. The vaginal cytology was performed and stained with DiffQuick (ADR chemistry, Türkiye) and examined under a light microscope. In the microscopic examination of the vaginal smear revealed plenty of intermediate cells and their clusters. Gynecological ultrasonography (Esaote MyLab One Vet Genoa Gn Italy) was performed transabdominally. A 6.6 MHz convex probe was used for this purpose. No heartbeat was detected in any of the fetuses of the pregnant dog. Fetal measurements taken based on the study conducted by Şendağ et al. (17) showed that the gestational age was on the 40th day according to head-rump length of the fetus.

Total blood count and some biochemical parameters were evaluated (Table 1). Hematological examination revealed anemia, moderate leukocytosis.

Table 1: Results of total blood count and some biochemical parameters.

Tablo 1: Tam kan sayımı sonuçları ve bazı biyokimyasal parametreler.

Parameters	Results (Reference ranges)	Parameters	Results (Reference ranges)
RBC (M/ μ L)	4.76 (5.10-8.50)	PLT (K/ μ L)	544 (117-460)
HCT (%)	29.7 (36.0-56.0)	MPV (fL)	6.3 (5.0-15.0)
HGB (g/dL)	10.8 (11.0-19.0)	GLU (mg/dL)	124 (75-128)
MCV (fL)	62.4 (62.0-78.0)	CREA (mg/dL)	0.57 (0.4-1.4)
MCH (pg)	22.6 (21.0-28.0)	BUN (mg/dL)	9.6 (5-7.2)
RDW (%)	13.3 (11.0-19.0)	TP (g/dL)	6.1 (5.0-7.2)
WBC (K/ μ L)	24.53 (6.0-17.0)	ALB/GLOB	0.65
NEU (K/ μ L)	20.19 (3.62-11.32)	ALT (U/L)	21 (17-78)
LYMP (K/ μ L)	1.10 (0.83-4.69)	ALB (g/dL)	2.4 (2.6-4.0)
MONO (K/ μ L)	2.39 (0.14-1.97)	ALP (U/L)	44 (13-83)
EOS (K/ μ L)	0.77 (0.04-1.56)		

(RBC:Red blood cell, HCT:Hematocrit, HGB:Hemoglobin, MCV:Mean corpuscular volume, MCH:Mean corpuscular hemoglobin, RDW: Red cell distribution width, RETIC:Reticulocyte, WBC:White blood cell, NEU:Neutrophil, LYMP: Lymphocyte, MONO:Monocyte, EOS: eosinophil, PLT:Platelet, MPV:Mean platelet volume, GLU:Glucose, CREA:Creatinine, BUN: Blood urea nitrogen, TP:Total protein, ALB/GLOB:Albumin Globulin ratio, ALT: Alanine aminotransferase, ALB:Albumin, ALP: Alkaline phosphatase)

The surgical intervention was decided as a treatment. Atropine (Atropin®, Teknovet, Türkiye) at a dose of 0.02 mg/kg SC was administered premedication, then induction of the anesthesia was performed propofol (Propofol®, Braun, UK) intravenously at a dose of 4 mg/kg, accompanied by 0.9% NaCl isotonic serum (Polifarma, Türkiye). The general anesthesia was maintained with 3% isoflurane (Adeka İlaç Sanayi ve Ticaret A.Ş., Samsun) and 2% oxygen after the intubation was performed. Aseptic and antiseptic procedures were applied and the operation phase began. During laparotomy, it was observed that the posterior side of the right uterine horn had a 180° torsion both around its own axis and the left uterine horn. After repositioning the uterus, because of the death fetuses, ovariohysterectomy was performed (Figure 2 A). Absorbable suture material was used for all ligatures and sutures (Monocryl No:1, Medeks, İstanbul, Türkiye). Then, the dog was positioned ventrodorsally to remove the prolapsed vaginal tissue. The pelvic area was elevated by placing a transverse pillow under the caudoabdominal area. The protruding mass was disinfected in accordance with asepsis and antisepsis rules and urinary bladder was catheterized to prevent damaging to the urinary tract during the operation, and it was seen that the urethra was in its normal position (Figure 1 B). Kırşan method was performed for the vaginal mass extirpation (18). As described in the Kırşan method, to limit the prolapsed vaginal walls, the dorsal, ventral and both lateral ends of the prolapsed mass were fixed with hemostatic forceps. Then, the cooled mixture which constituted 1mL adrenaline/9 mL isotonic serum injected deep into the tissue along the incision borders. It is given to reduce the amount of bleeding by taking advantage of the vasoconstrictor effect of the cooled diluted adrenaline mixture. After the incision line became white due to the effect of adrenaline and cold, the cutting process of the mass was started by using electrocautery (Erbe VIO300S, 80W, Germany) and the mass was removed

(Figure 2 B) and wound line closed with connell sutures. The extirpated mass was histopathologically examined at the Pathology Department (Figure 3). As a result of istopathology, severe inflammation and leiomyoma were detected in the vaginal tissue. As a postoperative treatment, ceftriaxone IM (Equiceft, Tüm-Ekip İlaç A.Ş. Turkey) at a dose of 25mg/kg for 7 days and meloxicam (Melox, Nobel İlaç San tic A.S. Turkey) at a dose of 0.02mg/kg SC for 3 days were prescribed and sutures on the laparotomy incision were removed on the postoperative 10th day.

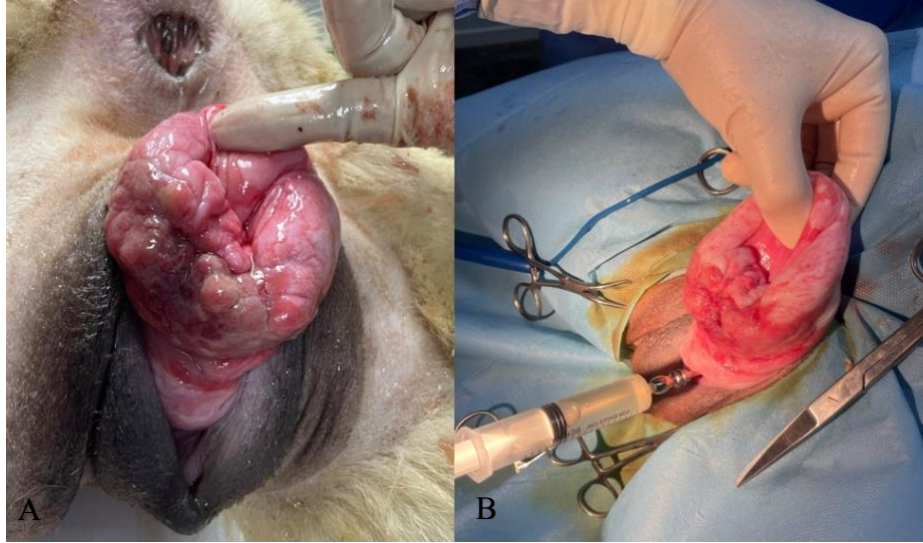


Figure 1: (A) Macroscopic image of the protruded mass, (B) Catheterization of the urinary bladder
Şekil 1: (A) Prolabe kitlenin makroskopik görüntüsü, (B) İdrar kesesinin kateterizasyonu

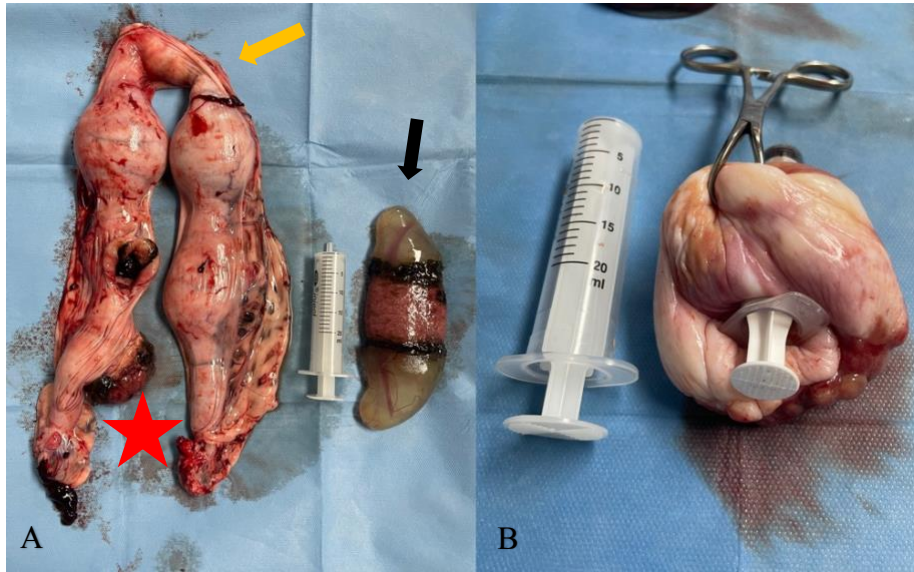


Figure 2: (A) Ovariohysterectomy material; ovaries and gravid uterine horns (red star). Fetus with zonar placenta (black arrow). Torsio area on the right uterine horn (yellow arrow), (B) Extirpated vaginal mass
Şekil 2: (A) Ovariyohisterektomi materyalleri; ovaryumlar ve gebeliğe bağlı büyümüş cornu uteriler (kırmızı yıldız). Zonar plamenta içinde fetus (siyah ok). Sağ uterin koruda torsiyö bölgesi (sari ok), (B) Ekstirpe edilmiş vajinal kitle

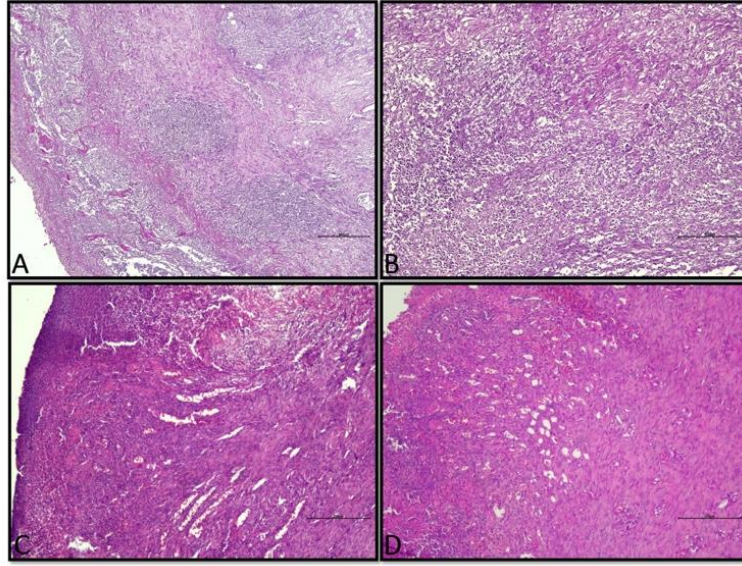


Figure 3: Histopathological examination of the vagina. (A-B) Severe necrosis and chronic inflammation. (C-D): Vaginal leiomyoma. Bundles of smooth muscle cells with non-atypical nuclei and eosinophilic cytoplasm

Şekil 3: Vajinanın histopatolojik muayenesi (A-B) Şiddetli necrosis ve kronik inflamasyon.

(C-D): Vajinal leiomyoma. Atipik olmayan çekirdeklere ve eozinofilik sitoplazmaya sahip düz kas hücreleri demetleri

3. Discussion and Conclusion

It has been reported that prolapsed vagina occurs mostly during the proestrus and estrus periods of the sexual cycle and in the periods close to birth when serum estrogen concentration is high and progesterone level is low (19, 9). It has also been reported that this phenomenon can be seen during the dioestrus period of the sexual cycle, during normal pregnancy (19) and in female dogs that have undergone with ovariohysterectomy (20). Consistent with Johnston et al. (19), the case of prolapsed vagina in the presented case was observed during pregnancy. It has been reported that prolapse vagina cases are generally seen in young female dogs during the first three estrus cycles, and the incidence of this condition is higher in large-breed female dogs and there is no breed predisposition (21,8). Consistent with the researchers (8), the case of prolapsed vagina in the presented case occurred in a young, first-estrus and large-breed dog. Vaginal tumors in female dogs are mostly benign smooth muscle tumors (8). Both estrogen receptor (ER) and progesterone receptor (PR) are located in the vaginal wall of dogs, in the nuclei of epithelial cells, in the stromal cells of the mucosa and in the smooth muscle cells of the muscle layer (22). Considering the presence of PRs in such tumors, aglepristone can be recommended as a therapeutic option and successful results have been reported using it in a 12-year-old unspayed female dog with vaginal fibroma (23). Benign vaginal tumors that have progesterone receptors like fibroleiomyoma can be reduced in size with progesterone receptor antagonist drugs such as Aglepristone (24). Cases of leiomyoma seen in the genital tract in female dogs are associated with estrogen-secreting tumors and follicular ovarian cysts (25). Steroid hormones, especially oestrogens, are thought to play a role in the pathogenesis of leiomyomas because of the fact that dogs with genital leiomyomas also have follicular cysts, oestrogen-producing tumours, endometrial hyperplasia and mammary neoplasia (26, 27). In the current case, it was observed that the leiomyoma masses were smaller in size during mating and therefore did not pose any problem during natural mating, and may have grown under the influence of progesterone during pregnancy. Leiomyomas have been reported to occur together with ovarian luteoma (28), but contrary to the researchers, no pathology was observed in the ovaries in this case. Although a benign tumor was detected in the vaginal tissue of the pregnant dog in our case, operative intervention was preferred in the treatment, contrary to the researchers (24,23,29) reported that vaginal prolapse occurring in the last period of pregnancy has no effect on the onset of labor. It has been reported that puppies can be born from an intact uterine horn that is not torsioned or, in the case of partial torsion, from the caudal aspect of the rotation area where the

uterine horn is torsioned (30). Although uterine torsion is a rare cause of dystocia in female dogs, it has been associated that severe uterine contractions related to fetal fluid deficiency and instability of the uterine horns in late pregnancies, or situations such as jumping from a height, may also cause uterine torsion (31,16). Contrary to researchers (30,31,16), in the presented case, any live fetus was not observed because the uterine torsion was formed at the uterine horns and it is thought that the uterine torsion was caused by vaginal prolapse.

The recommended treatment method for torsion with ischemic necrosis of uterine structures is ovariohysterectomy without detorsion of the torsioned part. Detorsion can lead to reperfusion injuries and the release of toxins into the systemic circulation, resulting in life-threatening emergencies (32). In previous studies, 180° (31) and 360° (33) were reported in pregnant dogs. In non-pregnant dogs, unilateral torsion of 720° has been reported (34). In the presented case, 180° torsio was started at the right uterine horn and ended to include both uterine horns and it is thought that fetal life ends due to the interruption of vascular perfusion of the uterine horns due to torsio uteri.

It is thought that due to the increasing progesterone during pregnancy, growth occurs in vaginal leiomyoma and the prolapsed part of the vagina increases and becomes more apparent. It is estimated that torsio occurs in the uterus, which is stretched due to this growth and has an increase in volume due to pregnancy. In this case, it was concluded that prolapsed vagina cases in dogs can be seen in the first cycle, can be accompanied by benign tumors, and can cause uterine torsion in pregnant dogs. It was recommended that such complicated cases should be evaluated with detailed clinical and histopathological examination.

Conflict of Interests

The authors do not have any personal or financial conflict of interest within the scope of the study.

Funding

During this study, no financial or moral support that could negatively affect the decision to be made regarding the study was received from any drug company directly related to the subject of the research, or from any company that provides and/or manufactures medical devices, equipment, and materials, or from any commercial company during the evaluation process of the study.

Authors' Contributions

Motivation / Concept: Cansu ASLAN ÇATAKLI, Zeynep GÜNAY UÇMAK

Design: Cansu ASLAN ÇATAKLI, İsmail KIRŞAN

Control/Supervision: Zeynep GÜNAY UÇMAK, İsmail KIRŞAN

Data Collection and/or Processing: Cansu ASLAN ÇATAKLI, Özge ERDOĞAN BAMAÇ, Necati ÖZTÜRK

Literature Review: Cansu ASLAN ÇATAKLI, Zeynep GÜNAY UÇMAK

Writing the Article: Cansu ASLAN ÇATAKLI

Critical Review: Özge ERDOĞAN BAMAÇ, Necati ÖZTÜRK

Ethical Approval

An ethical statement was received from the authors that the data, information, and documents presented in this article were obtained within the framework of academic and ethical rules and that all information, documents, evaluations and results were presented in accordance with scientific ethics and moral rules

References

1. Manothaiudom K, Johnston SD. Approach to vaginal/vestibular masses in the bitch. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1991;21(3):509-21.
2. Schuette AP. Vaginal prolapse in bitch. *J S Afr Vet Assoc.* 1967;38(2):197-203.
3. Sontas HB, Ekici H, Romagnoli S. Canine vaginal fold prolapse: a comprehensive literature review. *Eur J Comp Anim Pract.* 2010;20(2):127-35.
4. Soderberg SF. Vaginal disorders. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1986;16:543-59.
5. Post K, Haaften BV, Okkens AC. Vaginal hyperplasia in the bitch: Literature review and commentary. *Can Vet J.* 1991;32(1):35-7.
6. Troger CP. Vaginal prolapse in the bitch. *Mod Vet Prac.* 1970;51:38-41.
7. Yesilkaya OF, Ciftci MF, Satilmis F, Parlak K, Alkan H, Erdem H. Vaginal prolapse complicated with urinary bladder retroflexion and colonic herniation in a dog. *Vlaams Diergeneesk Tijdschr.* 2020;89(5).
8. Johnston SD, Root Kustritz MV, Olson PNS. *Canine and Feline Theriogenology.* 1st ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 225-42.
9. Alan M, Cetin Y, Sendag S, Eski F. True vaginal prolapse in a bitch. *Anim Reprod Sci.* 2007;100(3):411-4.
10. Darbaz I, Ergene O, Canooglu E, Gultekin C, Aslan S. The assessment of diagnostic and ultrasonographic findings in a bitch with true vaginal prolapse. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2017;23(5):843-6. doi: 10.9775/kvfd.2017.17721.
11. Canoğlu E. Köpeklerde vaginal hiperplazi: tanı ve tedavi seçenekleri. *Erciyes Univ Vet Fak Derg.* 2013;10(3):177-83.
12. Günay Uçmak Z, Ateş A, Erdoğan Bamaç Ö, Öztürk Gürgen H, Kırşan İ, Tek Ç, et al. Determination of estrogen receptor, progesterone receptor and epidermal growth factor receptor in canine vaginal tumors and vaginal fold prolapse: A preliminary study. *J Istanbul Vet Sci.* 2022;6(1):35-41.
13. Singh K, Bodh D, Gopinathan A, Mohsina A, Sangeetha P. A case of concurrent inguinal hernia and vaginal leiomyoma in a bitch successfully treated surgically. *Res J Vet Pract.* 2014;2(1):1-4. doi: 10.14737/JOURNAL.RJVP/2014/2.1.1.4.
14. Rollon E, Millan Y, Martin Delas MJ. Effects of aglepristone, a progesterone receptor antagonist, in a dog with a vaginal fibroma. *J Small Anim Pract.* 1997;49:41-3.
15. Kustritz MVR. Clinical management of pregnancy in cats. *Theriogenology.* 2006;66:45-150.
16. Kacprzak KJ, Jurka P, Max A, Czerniawska-Piatkowska E, Bart-yzel BJ. Etiology, symptoms and treatment of uterine torsion in domestic animals. *Folia Pomer Univ Technol Ste- tin Agric Aliment Pisc Zootech.* 2014;315:21-30.
17. Şendağ S, Dinç DA, Ucar M, Tekeli T. Use of Real-time linear ultrasonography in dog reproduction I. examination of uterus in nonpregnant bitches. 1997;13(2):139-147.
18. Kırşan İ. Köpeklerde vajinal hiperplazi ve prolapsus. *TVJD Eğitim Seminerleri.* 2020.
19. Johnston SD, Root Kustritz MV, Olson PNS. Disorders of the canine vagina, vestibule and vulva. In: Johnston SD, Root Kustritz MV, Olson PNS, editors. *Canine and feline theriogenology.* Philadelphia: WB Saunders; 2001. p. 225-42.
20. Nak D, Nak Y, Yilmazbas G. First report of vaginal prolapse an in ovariohysterectomised Bitch: a case report. *Bull Vet Inst Pulawy.* 2008;52:397-8.
21. Feldman EC, Nelson RW. *Canine and Feline Endocrinology and Reproduction.* Philadelphia: W.B. Saunders; 2004. p. 901-18.
22. Vermeirsch H, Van den Broeck W, Simoens P. Immunolocalization of sex steroid hormone receptors in canine vaginal and vulvar tissue and their relation to sex steroid hormone levels. *Reprod Fertil Dev.* 2002;14:251-8.

23. Millan Y, Gordon A, De Los Monteros AE, Reymundo C, Martin De Las Mulas J. Steroid receptors in canine and human female genital tract tumours with smooth muscle differentiation. *J Comp Pathol.* 2007;136:197-201.
24. Rollón E, Millán Y, de las Mulas JM. Effects of aglepristone, a progesterone receptor antagonist, in a dog with a vaginal fibroma. *J Small Anim Pract.* 2008;49(1):41-3.
25. Kang TB, Holmberg DL. Vaginal leiomyoma in a dog. *Can Vet J.* 1983;24:258-60.
26. Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer N. Neoplastic diseases of the tubular genitalia. In: Jubb KVF, Kennedy PC, Palmer N, editors. *Pathology of Domestic Animals.* 3rd ed. Florida: Academic Press Inc.; 1985. p. 374.
27. Fiorito DA. Hyperestrogenism in bitches. *Compend Contin Educ Pract Vet.* 1992;14:727-9.
28. Kula H, Günay Uçmak Z, Kırşan İ, Yüzbaşıoğlu Öztürk G, Gülçubuk A. Clinicopathological evaluation of vaginal leiomyoma and ovarian luteoma in a bitch. *J Adv VetBio Sci Tech.* 2022;7(2):269-73.
29. Kurt S, Salar S, Baştan A. Effect of vaginal fold prolapse occurrence in a pregnant bitch on parturition process. *Vet Hekim Der Derg.* 2019;90(1):50-4.
30. Stone EA. Ovary and uterus. In: Slatter D, editor. *Textbook of Small Animal Surgery.* Philadelphia: W.B. Saunders; 2003. p. 1487-502.
31. Kumru IH, Seyrek-Intas K, Seyrek Intas D, Tek HB, Wehrend A. Clinical case: unilateral en bloc ovariocornuectomy as a treatment for uterine torsion in a bitch. *Rev Med Vet.* 2011;162:776-86.
32. Jutkowitz LA. Reproductive emergencies. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2005;35:397-420.
33. John J, Mathew DP. Surgical management of unicornual torsion in a dog. *Intas Polivet.* 2014;15:261-2.
34. Chambers BA, Laksito MA, Long F, Yates GD. Unilateral uterine torsion secondary to an inflammatory endometrial polyp in the bitch. *Aust Vet J.* 2011;89:380-2.



doi 10.33188/vetheder.1440226

Derleme Makalesi / Review Article

Gebe ineklerde fetal programlama ve epigenetik değişimler: Beslenme ve ısı stresinin etkisi

Nazlı Senem CAM^{1,a*}, Mehmet Rifat VURAL^{2,b}

¹ Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 06070, Ankara, Türkiye

² Ankara Üniversitesi Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı, 06070, Ankara, Türkiye

ORCID 0009-0006-7345-4574^a; 0000-0001-7252-7977^b

MAKALE BİLGİSİ/
ARTICLE INFORMATION:

ÖZET

Geliş / Received:
20 Şubat 24
20 February 24

Revizyon/Revised:
19 Haziran 24
19 Haziran 24

Kabul / Accepted:
01 Ağustos 24
01 August 24

Anahtar Sözcükler:
Fetal programlama
Epigenetik
Isı stresi
Beslenme
Gebe inek

Keywords:
Foetal programming
Epigenetic
Heat stress
Nutrition
Pregnant cow

©2025 The Authors.
Published by Veteriner
Hekimler Derneği. This is
an open access article
under CC-BY-NC license.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



Yetişkin bir hayvanın yaşamsal işlevleri, doğum sonrasında maruz kaldığı çevresel etkilere şekillenirken, son yıllarda yapılan araştırmalar, doğumdan önceki dönemin de hayvanın gelecekteki performansını belirleyebileceğini göstermektedir. Fetal programlama, gelişimsel programlama ya da sağlık ve hastalığın gelişimsel kökenleri olarak çeşitli şekillerde adlandırılan bu kavram, doğum öncesi dönemdeki çevresel faktörlerin bireyin doğum sonrası büyüme, sağlık ve fizyolojik işlevleri üzerinde uzun vadeli etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Bu önemli konsept, yavrunun doğum sonrası özelliklerini şekillendiren ölçülebilir genetik yapıları farklı şekillerde programlayabilme yeteneğine vurgu yapar. Özellikle gebe ineklerde yavru doğum ağırlığına odaklanan ilk fetal programlama çalışmaları, daha sonra annenin yaşadığı besin eksikliği, ısı stresi gibi çevresel etkilerin de fetüs üzerinde farklı sonuçlar yaratabileceğini göstermiştir. Doğum öncesi dönemdeki çevresel faktörlerin, hayvanın yaşamının geri kalanında süt üretimi, karkas verimi, yemden yararlanma verimliliği ve/veya üreme işlevi gibi hayati özellikler üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır. Epigenetik değişimler ise, DNA diziliminde bir değişiklik olmaksızın gen ekspresyonunda meydana gelen kalıcı değişikliklerdir. Anne inekdeki beslenme ve ısı stresi, DNA metilasyonu ve histon modifikasyonları gibi epigenetik mekanizmalar üzerinden fetusun gen ekspresyon profillerini değiştirebilir. Bu değişimler, buzağuların doğum sonrası dönemde sağlık ve verimliliklerini etkileyen kalıcı fenotipik özellikler oluşturabilir. Bu nedenle, doğum öncesi dönemin doğru yönetimi ve hayvanın ihtiyaç duyduğu uygun çevresel koşulların sağlanması hem hayvan refahı hem de sektörel verimlilik açısından kritik öneme sahiptir. Bu derleme, gebe ineklerdeki fetal programlama süreçlerini etkileyen mekanizmaları ve bu programlamanın doğurduğu uzun vadeli etkileri ele almaktadır.

Fetal programming in pregnant cows and epigenetic changes: The impact of nutrition and heat stress

ABSTRACT

The vital functions of an adult animal are shaped by environmental influences encountered postnatally. However, recent research has shown that the prenatal period can also significantly determine an animal's future performance. This concept, referred to variously as fetal programming, developmental programming, or the developmental origins of health and disease, suggests that environmental factors during the prenatal period can have long-term effects on an individual's postnatal growth, health, and physiological functions. This crucial concept emphasizes the ability to program the measurable genetic structures that shape the offspring's postnatal characteristics in various ways. Initial fetal programming studies in pregnant cows focused on calf birth weight, later revealing that environmental factors such as maternal nutrient deficiency and heat stress can have diverse impacts on the fetus. It has been understood that prenatal environmental factors can negatively affect vital traits such as milk production, carcass yield, feed efficiency, and reproductive function throughout the animal's life. Epigenetic changes, which involve permanent modifications in gene expression without altering the DNA sequence, play a key role in this process. Maternal nutrition and heat stress can alter the fetus's gene expression profiles through epigenetic mechanisms such as DNA methylation and histone modifications. These changes can result in permanent phenotypic traits that affect the calf's health and productivity in the postnatal period. Therefore, proper management of the prenatal period and provision of appropriate environmental conditions are crucial for animal welfare and sectoral productivity. This review addresses the mechanisms affecting fetal programming processes in pregnant cows and the long-term effects of such programming.

How to cite this article: Cam NS, Vural MR. Gebe ineklerde fetal programlama ve epigenetik değişimler: Beslenme ve ısı stresinin etkisi. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96 (1):76-87

* Sorumlu Yazar e-posta adresi /Corresponding Author e-mail address: nscam@ankara.edu.tr

1. Giriş

Epidemiyolog David Barker, yavrunun yetersiz uterus içi gelişim süreçleri nedeniyle küçük doğan bebeklerin yetişkinlikte kalp-damar hastalıklarına yakalanma riskinin arttığını gözlemlemiş ve fetal programlama kavramını ilk kez gündeme getirmiştir. Bu tanım daha sonra sağlık ve hastalığın gelişimsel kökenleri (DOHaD) olarak tanımlanmıştır (1-2). Fetal yaşamda, doku ve organlar ‘kritik gelişim dönemleri’ olarak adlandırılan süreçlerden geçer (1). Diğer taraftan ‘programlama’, gelişimin kritik dönemlerinde iç ve dış bir uyarının doğum sonrası kalıcı olarak neden olduğu işlevsel ve yapısal sorunların bileşenidir (1). Embriyo ve fetüsün gelişimi, annenin yaşı ve büyüklüğünden, gebelik öncesi ve sırasındaki beden sağlığı, beslenme programları, fetüs sayısı ve yüksek ısı gibi çevresel ve yetiştirme ortamının özelliklerinden etkilenir (3).

Genomdaki epigenetik modifikasyonlar, altta yatan DNA dizisini değiştirmeden gen ekspresyonunu etkileyebilen mitotik kalıtsal değişiklikleri içerir (4). Anenin maruz kaldığı çevresel maruziyetin doğum sonrası etkilerini açıklamak için epigenetik modifikasyonlara büyük bir ilgi duyulmaktadır, çünkü bu modifikasyonlar doğum öncesi çevreye ve uterus ortamına duyarlı olabilir ve gelişim boyunca devam edebilir (5).

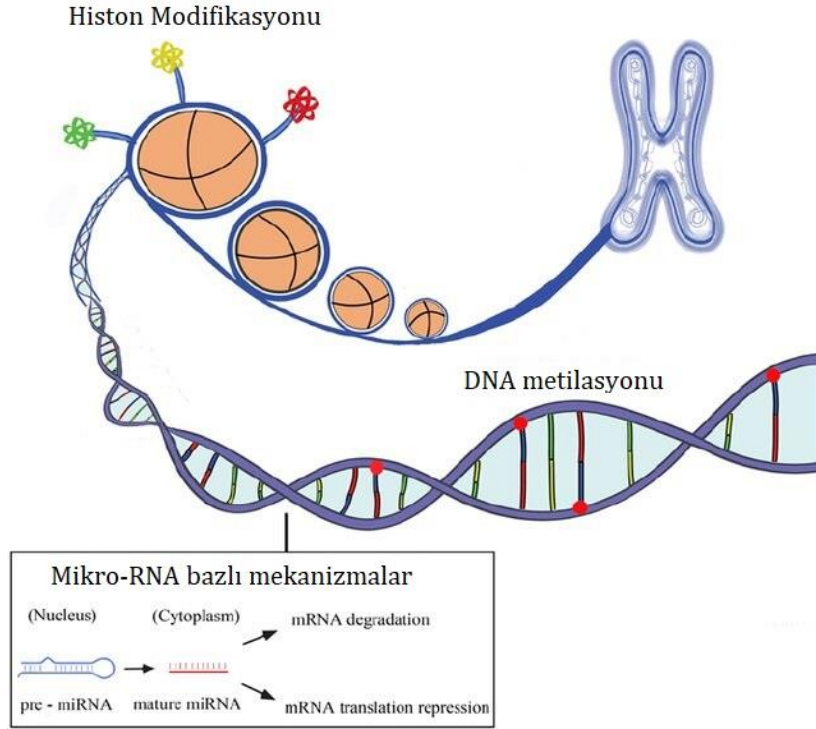
Yaşama ve verim kabiliyeti yüksek damızlık stoğunun sürdürülmesi, işletmede verim/karlılık dengesinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Sunulan bu derlemede özellikle son yıllarda çiftlik koşullarında ineklerin gebelik döneminde sıklıkla karşılaşılan beslenme hataları, iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri ve benzer yetiştirme sorunlarının neden olduğu ve gözardı edilen fetal programlama hatalarının doğum sonrası yavruda ortaya çıkan uzun vadeli etkilerine odaklanılması amaçlanmıştır.

2. Fetal Programlamanın Mekanizmaları: Epigenetik

Epigenetik, gen ekspresyonunu düzenleyen mekanizmaları ifade eder ve DNA dizisinden bağımsızdır. Bu mekanizmalar başlıca üç ana süreci içerir. Bu süreçler: DNA’nın CG (Guanine bitişik olduğu yer) çiftlerindeki Cs (sitozinler) üzerinde metilasyonu, DNA’nın etrafına sarılan ve histonlar olarak adlandırılan proteinlerin çeşitli modifikasyonları (metilasyon, asetilasyon, vb) ve kodlayıcı olmayan RNA (Ribonükleik asit) ifadesidir (Şekil 1). Ancak bunlarla sınırlı değildir. Toplu olarak bu mekanizmalar spesifik kromatin yeniden modellenmesi sağlar ve fonksiyonel niteliklere kopyalanacak genomik bilgiyi seçer (6-7-8-9). Tüm bu işlemler, belirli bir genin ‘yoğun’ olup olmadığını ve transkripsiyon için uygun olup olmadığını belirler (6).

DNA metilasyonu

Deoksiribonükleik asit metilasyonu, en kararlı ve en çok çalışılan epigenetik modifikasyonlardır. Memelilerde DNA metilasyonu, özellikle CpG (Guanine bitişik olduğu yer) dinükleotitlerinin sitozin kalıntıları üzerinde gerçekleşir. Sitozin metilasyonu, metil grubunun S-adenosilmetiyoninden (SAM, evrensel metil grubu vericisi) sitozin halkasının karbon-5 pozisyonuna transferi ile gerçekleşir (11). DNA metilasyonundan sorumlu enzim ailesi, DNA metiltransferazlardır. (DNMT’ler). Özellikle DNMT1, DNA replikasyonu ve hücre mitozu arasında DNA metilasyonunun korunmasına katkıda bulunur ve metilasyon durumunun kalıtsallığını sağlar. DNMT enzim ailesi, DNA metilasyonunda ve nihayetinde embriyonik gelişim ve hayatta kalmada önemli bir rol oynar (7). Memelilerde, DNA metilasyonu, yalnızca embriyogenez için kritik olmakla kalmaz, aynı zamanda ebeveynlerden gelecek nesillere miras bırakılan özelliklerin de genom çapında yeniden programlamanın önemli bir parçasıdır. Dinamik DNA metilom manzarası, gen ekspresyonu, genomik damgalama, embriyo gelişimi ve kromozom yapısında önemli düzenleyici roller üstlenir (12).



Şekil 1:Epigenetik gen düzenlemesinin üç temel mekanizması. (10) 'den Türkçe'ye uyarlanmıştır.
Figure 1:Three fundamental mechanisms of epigenetic gene regulation. (adapted to Turkish from 10)

Histon modifikasyonları

Histon proteinleri, nükleozom oluşumunda ve DNA'nın kromatin şeklini almasında rol oynayan yapısal bileşenlerdir (8). Kromatin, DNA'yı sıkılaştırmak ve düzenlemek için histon birimlerinden ve kısa DNA parçalarından oluşur (11). 'Nükleozom', kromatinin temel birimidir (11). Nükleozom çekirdek histonları, asetilasyon, metilasyon, fosforilasyon, ubiquitylation, sumoylation, ADP ribosilation, prolinizomerizasyonu, sitrulinasyon, ADP ribosilation, prolinizomerizasyonu, strulinasyon, butirilasyon, propionilyasyon ve glikosilasyon dahil olmak üzere 100'den fazla farklı post-translasyonel modifikasyona (PTM) tabidir (8-11). Bunlardan asetilasyon, metilasyon ve fosforilasyon en iyi şekilde anlaşılır ve öncelikle amino terminal histon kuyrukları içindeki spesifik pozisyonlarda meydana gelir (13). PTM'ler dinamik ve geri dönüşümlü süreçlerdir. Bu grupların yazılması, okunması ve silinmesi, epigenetik sinyali kontrol eden anahtar protein aileleri tarafından garanti edilir (8). Bu nedenle, histon kuyruklarında bu farklı kimyasal grupların varlığı, histon-DNA etkileşimlerini büyük ölçüde etkiler ve gen ekspresyonunu etkileyen kromatin yapısını tanımlar (8).

Kodlayıcı olmayan RNA

Memeli genomu boyunca gen transkripsiyonunun yalnızca yaklaşık %20'si protein kodlayan genlerle ilişkilidir, bu da transkriptlerin ~%80'inin kodlama yapmadığını gösterir (14). Kodlamayan RNA'lar, esas olarak mikroRNA'lardan (miRNA'lar, 19-24 nükleotid uzunluğunda), kısa karışan RNA'lardan, Piwi etkileşimli RNA'lardan, küçük nükleolar RNA'lardan ve uzun kodlamayan RNA'lardan (lcrRNA'lar) oluşan küçük RNA'ları (scrRNA'lar; <200 nükleotit) içerir (8). miRNA'lar türler arası iyi korunmuştur. Gen ekspresyonunu çoklu yollarla düzenlerler (15). Çoğu miRNA'nın birkaç hedefi vardır ve ayrıca gen ekspresyonunu modüle etmek için doğrudan hedefleri olmayan diğer RNA'larla etkileşime girebilir (16).

3. Gebelik Döneminde Beslenme ve Fetal Programlama Üzerine Etkileri

Hem embriyonik hem de fetal gelişim boyunca büyüme, yaşama kabiliyeti yüksek yenidoğan oluşturmak için hücrelerin birçok farklı hücre tipine farklılaşması yoluyla meydana gelir. Bu süreçte, hücresel gelişim belirli zaman dilimlerine yayılmıştır ve her doku, kritik gelişim pencerelerine sahiptir. Bu dönem, dış etkilere ve özellikle besin veya oksijen eksikliğine karşı son derece hassas ve savunmasızdır (17). Ancak; Hales ve Berker (18) tarafından öne sürülen ‘Tutumlu Fenotip Hipotezi’, doğum öncesi koşulların ‘zayıf’ olması durumunda, fetüsün metabolizmasında kalıcı değişikliklere neden olduğu ve fetüsü doğumdan sonraki benzer koşullara hazırladığını belirtmektedir (18). Gebelik sırasında anne, besin kısıtlaması yaşarsa, sadece fetüsü sınırlı bir beslenmeye maruz bırakmakla kalmaz, aynı zamanda onu yetersiz besinlerin olduğu bir ortamda hayatta kalmaya programlar.

Çiftlik hayvanları ve diğer deneysel türler üzerinde yapılan çalışmalar, gebelik sırasında hem yetersiz hem de aşırı beslenmenin embriyonik ve fetal gelişimi etkileyebileceğini göstermiştir. Bu tür beslenme durumları, hayvan verimini büyük ölçüde etkileyebilir, yenidoğan ölüm oranını artırabilir ve bir dizi fizyolojik sistemde değişikliklere neden olabilir. (19-20-21-22). Bu nedenle, genetik faktörlere ek olarak uygun fetal gelişimin, hayvanların büyüme potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için kritik olduğu anlaşılmaktadır.

Memelilerde, farklı doğum ağırlıklarının oluşumu, fetal genomdan çok intrauterin ortam tarafından belirlenir (17). Gebeliğin ilk iki üçer aylık dönemlerinde ineklerin yetersiz beslenmesi kas liflerinin sayısını azaltırken, üçüncü trimesterde düşük vücut ağırlığına sahip buzağı doğumu ile sonuçlanır (23-24). Vücutta amino asitlerin depolanma alanları kas hücreleridir. Kas kütlesi ne kadar fazla ise amino asit depolama kapasitesi de o oranda yüksek olur. Gebeliğin 28. gününden 78. gününe kadar koyunların %50’lik besin eksikliği (kabaca sığırlarda 2 ila 5. gebelik ayına eşdeğerdir), ikincil kas liflerinin toplam oluşumunu azaltır (25). Du ve ark. (26), yaptıkları bir çalışmada sığırlarda, gebeliğin 85. veya 140. gününe kadar besin gereksiniminin %60’ı kadarındaki anne diyetleri, fetal IGF-1 ekspresyonunu ve miyojenik progenitör hücre yoğunluğunu düşürerek, gebeliğin 254. gününde kas lifi sayılarında azalmaya neden olmuştur. Bu veriler, erken ve orta gebelik arasındaki besin eksikliğinin, kas lifi sayısını ve kas kütlesini azalttığını ve yavruların büyüme performansını olumsuz etkilediğini göstermiştir (27).

Gebe ineklerde, gebeliğin son üçte birlik döneminde uygulanan besin içerik eksikliği, buzağların doğum ağırlığında 0,2 ila 8,2 kg arasında değişen farklılıklarla sonuçlanmıştır (24). Gebeliğin herhangi bir aşamasında beslenme kısıtlaması yaşayan gebe ineklerden doğan yavrularda, daha büyük kas lifi çapı ve daha fazla lifler arası aşırı yağ dokusu birikimi gözlenmiştir (24). Bu durum, karkas veriminde bir azalmaya yol açar. Saha koşullarında bu durumun gözlemsel belirtisi olarak koyun ve sığırlarda bel altı ve üst arka bacak kas kütlesinde azalma ve yağ tabakası kalınlığının artması belirleyicidir (27). Gebeliğin son döneminde koyunların hem yetersiz hem de aşırı beslenmesi, vücutta yağ dokusunun yoğunlaşma alanlarında değişimlere neden olur. Altı aylık kuzularda yetersiz beslenme durumlarında deri altı yağ doku birikiminden ziyade abdominal (mezenterik veya perirenal) yağ doku birikimleri ile karşılaşılır (28). Yetersiz beslenme ayrıca adipoz dokuda fibrozis artışına ve çok küçük adipositlerden oluşan bir alt popülasyonun oluşmasına neden olur. Hem koyun hem de besi düvelerinde yapılan çalışmalar, gebelik sırasında beslenmesi kısıtlanan annelerden doğan yavruların, kesildiğinde iç yağlarının arttığını gözlemlenmiştir. Kuzular ayrıca abdominal yağ dokusu artışı ile orantılı olarak kas ağırlıklarını azaltma eğiliminde olmuşlardır (17).

Diğer taraftan gebe ineklerin ihtiyaçlarının üzerinde besin alımı da fetal gelişim için zararlı olabilir. İneklerin aşırı beslenmesinin fetüs üzerindeki ana etkileri, insülin direnci gibi metabolik bozukluklardır. Aşırı beslenen gebe ineklerde fetüste adipositlerden sorumlu genlerin aşırı salınımı ve miyogenezin baskılanması gözlenir. Bu durum düşük buzağı doğum ağırlığı ile sonuçlanır. Annenin aşırı beslenmesinin döl verimi üzerinde de olumsuz sonuçları olabilir. Bu olumsuz etkilerin, mezenkimal kök hücrelerde epigenetik değişikliklere neden olan, miyogenezini sınırlayan ve adipogenezini teşvik eden düşük dereceli yangısal bağlı olabileceği düşünülmüştür (24).

Plasenta, anne ve fetüs arasında bir arayüz oluşturur ve fetüsün metabolik ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir rol oynar (29). Gebelik sırasındaki beslenme düzenlemeleri, plasental gelişimde değişikliklere yol açabilir ve bu da fetüs üzerinde bir dizi etkiye neden olabilir (31). Özellikle gebeliğin ilk 6 aylık döneminde yetersiz beslenen gebe koyunlarda plasental büyüme ve anjiyogenez, fetal hücresel fonksiyon ve DNA ve protein sentezi için çok önemli bir aracı olan, amniyotik ve allantoik sıvıda bulunan serum toplam poliamin konsantrasyonlarının daha düşük

olduğunu ve bu durumun fetal gelişimi etkileyebileceği vurgulanmıştır (31). Diğer taraftan Borowicz ve ark. (32), gebelikte yetersiz beslenme durumunda, plasenta tarafından geliştirilen düzenleyici birtakım mekanizmaların şekillenebileceğini açıklamıştır. Örneğin, koyunlarda ihtiyaç duyulan metabolize edilebilir protein oranının %60'a düşürülmesi durumunda, uterus kan akışının arttığını ve bunun da plasental damarlaşmanın bir adaptasyonu olduğunu göstermiştir (32).

Fetal programlamanın neden olduğu orantısız bir fenotipe ait gözlenen belirgin özellik, buzağuların kısa boylu ve düşük canlı ağırlık ile doğmalarına rağmen hızlı kilo artışı yaşamaları sonucunda bu fenotipte doğmayan buzağulara göre daha kilolu hale gelmeleridir. (Şekil 2A,2B), aynı çiftlikte yaklaşık 6 aylıkken ölçülen iki düveyi göstermektedir. Siyah ok ile gösterilen demir çubuk seviyesi, Düve A'nın iyi büyüdüğünü, B'nin ise çok daha kısa boylu ve kilolu olduğunu göstermektedir (17).



Şekil 2:Yaklaşık 6 aylıkken ölçülen iki düve. (A) iyi orantılı, ancak (B) kısa ve daha kilolu (17).

Figure 2:Two heifers measured at about 6 months of age. (A) is well proportioned, but (B) is short and fat (17)

Van Eetvelde ve ark. (33), yaptıkları çalışmada, 100.000 kg'dan fazla süt verimi elde eden ineklerin özelliklerini inceleyerek, uzun ömürlü olmalarına katkıda bulunan faktörleri belirlemeye odaklanmıştır. Araştırmaları, sağrı açısı skoru düşük olan ineklerin, uzun ömürlü olma olasılıklarının daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, doğumda bu özelliklere sahip olmanın, doğurganlıkta azalmayla ilişkili olduğunu iddiasını destekler niteliktedir. Sağrı açısı eğimleri ırklar arasında farklılık gösterir. Örneğin, Holstein ve Friesian ırklarında Jersey sığırlarından daha fazladır, düvelerde pelvik anatominin bazı ölçümleri doğum mevsimine göre değişirken hem genotipik hem de fenotipik etkilere işaret eder (17). Yapılan çalışmalar sonucunda, doğum öncesi maternal besin kısıtlamasının buzağı morfolojisini doğrudan etkilediğini deneysel olarak kanıtlamak zor olsa da, gebelik sırasında farklı kemik büyümesinin fetal programlamaya bağlı olarak buzağının fenotipine katkıda bulunabileceği olasıdır.

Yetersiz beslenme, üreme performansını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Pubertasa girişin gecikmesinden, doğum sonrası uzun süreli anöstrus dönemlerine, embriyonik ölüm riskinin artmasına, doğum-gebe kalma aralığının uzamasına, östrus belirtilerinin gözlenebilirliğinin azalmasına ve yukarıda da vurgulandığı üzere yavruların gelişimsel programlamanın tehlikeye girmesine kadar bir dizi olumsuz sonuca yol açabilir (34). Bu etkiler, dişi memelilerin doğurganlığı üzerinde belirleyici olabilir, çünkü doğumdan önce sabitlenen oositlerin sayısı ve kalitesi büyük ölçüde fetal ovaryumlardan etkilenir (17). Sullivan ve ark. (35), yaptıkları çalışmada, sığırları gebeliğin birinci ve ikinci trimesterlerinde farklı konsantre yemlerle beslemişler ve sırasıyla 5 ve 23 aylıkken hem puberte öncesi hem de puberte sonrası dişi buzağılardaki ovaryum parametrelerini takip etmişlerdir. Düşük konsantreden yüksek konsantre diyeteye geçiş yağan düveler, 5. ayda daha küçük antral ovaryum foliküllerine sahip olmuştur ve 23. ayda daha düşük yoğunlukta ilkel ve birincil foliküller ve sağlıklı antral foliküllerin olduğunu gözlemlemişlerdir. Bir başka çalışmada, Mossa ve ark. (36), düvelerde erken gebelik döneminde diyet kısıtlamasının

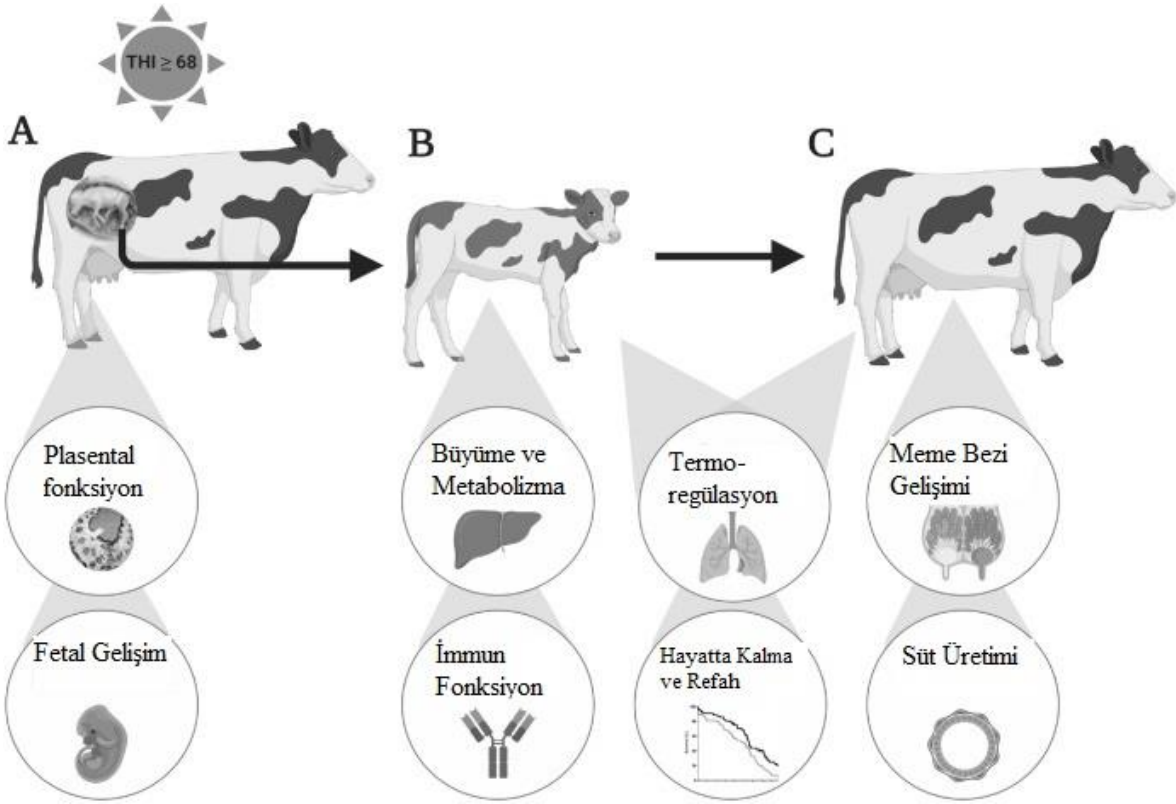
7 ila 86 haftalık yaşlarda ultrasonografi tekniği kullanılarak değerlendirilen antral folikül sayısında bir azalma gösterdiği ve azalmış bir yumurtalık rezervi olan yavrularla sonuçlandığını göstermiştir. Hurlbert ve ark. (37) yaptıkları çalışmada, gebelik sırasında vitamin ve mineral takviyesinin, dişi doğan buzağılarda doğumdan pubertasa kadar olan dönemde üreme gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Vitamin ve mineral takviyesi alan ineklerden doğan dişi buzağılar ile kontrol diyeti alan ineklerden doğan dişi buzağılar arasında üreme sistemi gelişimi veya pubertasa ulaşma açısından bir fark olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte, takviye alan ineklerden doğan dişi buzağuların, kontrol diyeti alan ineklerden doğan dişi buzağulara kıyasla yıl içinde ultrasonografi ile tespit edilebilen antral folikül sayısının azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir (37). Yakın zamanda yapılan bir çalışmada ise, ilk çiftleşme sırasında en yüksek kilo alma oranına sahip düvelerin, dolaşımdaki AMH (Anti-Müllerian Hormon) konsantrasyonlarının düşük dişi buzağılar doğurduğunu bildirmişlerdir (38). Dolayısıyla, peri-konsepsiyonel dönemden gebeliğe kadar olan maternal beslenme durumu, ineklerde over rezervlerini etkilediğini düşündürmektedir (39). Gelişmekte olan fetüstaki somatotropik sistemin doğum öncesi programlanarak düzenlendiğine dair artan kanıtlar mevcuttur. Gebeliğin son dönemindeki besin kısıtlaması, gebe düve yavrularında azalmış oranlarda büyüme hormonu seviyesi ve daha küçük hipofiz bezlerinin gözlemlendiğini göstermektedir (20). Besin kısıtlamasının aksine, obezjenik diyetlerin de yavruların üreme fizyolojisinde zararlı etkileri vardır. Sıçanlarda yapılan bir çalışmada, annenin yağ asidi oranı yüksek bir diyetle beslenmesi, dişi yavruda östradiolde bir artışa ve plazma LH'da (lüteleştirici hormon) bir azalmaya neden olmuştur (22). Bu yavruda HPG (Hipotalamus-Hipofiz-Gonadal) ekseninde programlanmış değişiklikler gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak da ovaryumlarda insülin benzeri büyüme faktörü (IGF-1)'nin artmış ekspresyonunun yanı sıra, yüksek östradiolün hipotalamusta azalan LH seviyelerine yol açarak, artan negatif geri besleme tepkisiyle ilişkili olduğu düşünülmüştür (22). Yüksek yağlı ve yüksek şekerli bir diyetle beslenen kemirgen yavrularında, ovaryumlarda artmış oksidatif stres belirteçleri gözlemlenmiştir (40). Bu durum, yaşamın kritik dönemlerinde büyüme hormonu ve dolayısıyla IGF-1 konsantrasyonlarının doğum öncesi ortamdan güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermektedir.

Gebelik sırasındaki beslenme, yönetim ve çevrenin yavrunun meme gelişimi üzerinde uzun vadeli sonuçları olabileceği düşüncesi, yeni yeni fark edilmeye başlanmıştır (41). Gebelik boyunca idame diyetiyle beslenen koyun fetüslerinin, daha büyük ve fonksiyonel meme bezlerine ve meme kanal sistemine sahip olduğu gösterilmiştir (42). Bu durumun parankimal ve meme yağ yastığı ağırlığında ve parankimal DNA içeriğinde (hücre sayısının bir göstergesi) artış yoluyla olabileceği düşünülmektedir (43).

4. Gebelik Döneminde Isı Stresi ve Fetal Programlama

Artan küresel sıcaklıklar, ve bununla bağlantılı ısı stresi, süt endüstrisinin karşı karşıya olduğu önemli ve baskın bir sorun haline gelmesine yol açmıştır (44). Genel olarak inekler için kabul edilebilir çevre sıcaklığı -13 ile 24°C, vücut sıcaklığı ise 38,5-39,1°C dir (45). Ancak verimlilik ve refah açısından ideal çevre sıcaklığı ve bağıl nem oranları sırasıyla -0.5 ile 20,0°C ve %60-80 olarak kabul edilir (46). Doğum öncesi, özellikle de gebeliğin son 2 aylık döneminde ısı stresine maruz kalmanın, fetüs gelişimi ve doğum sonrası yavruda büyümeyi ve üretkenliği değiştirebileceğini göstermektedir (47) (Şekil 3).

Sığırlarda ileri gebelik dönemi bilindiği üzere fetüs büyümesinin %60'ını tamamladığı dönemdir (47). Gebeliğin son 2 haftasında, sığır fetüsü 0,4-0,6 kg/gün oranında büyür (47-48). Gebeliğin kuru döneminde ısı stresinin ananede kuru madde alımını azaltmasının yanı sıra uterus giden kan akımının azalmasına bağlı olarak yavruların canlı doğum ağırlığında %9-18 arasında değişen bir azalma olduğu (23-47), doğum süresinin beklenenden ortalama 5-7 gün daha kısa olduğu belirlenmiştir. Isı stresi altında doğan buzağuların, süttten kesme dönemi öncesi günlük vücut ağırlık artışının %10 daha düşük olduğu belirlenmiştir (47-49).



Şekil 3: (A) geliştirmekte olan bir fetüs, (B) doğum sonrası buzağı ve (C) olgun inek olarak yavruların sonuçları üzerindeki uterus içi ısı stresinin etkisinin bir özeti. (47)'den Türkçe'ye uyarlanmıştır.

Figure 3: A summary of the impact of in-utero heat stress on offspring outcomes as a (A) developing fetus, (B) postnatal calf, and (C) mature cow (Adapted to Turkish (47)).

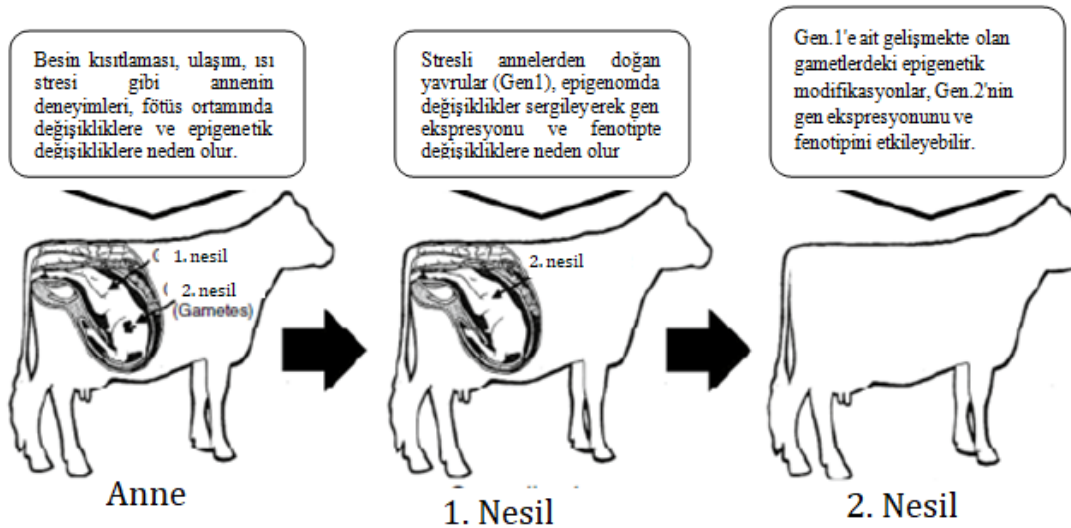
Annenin ısı stresine maruz kalmasını ve yavruların bağışıklık sonuçlarını doğrudan ilişkilendiren literatür, sığır modelinde azdır. Bununla birlikte, "bağışıklık sistemi programlaması", yavruların yaşam boyu devam eden değişikliklere yol açabilecek çeşitli doğum öncesi maternal stresörler için kapsamlı bir şekilde belgelenmiştir (50). Tao ve ark. (51), yaptığı çalışmada, maternal ısı stresine maruz kalmış buzağılardan ve serinletme uygulanmış anneden doğan buzağılardan aynı miktarlarda alınan kolostrum miktarının ölçümleri sonucu, maternal ısı stresli buzağıların diğerlerine göre daha düşük serum IgG konsantrasyonuna ve görünür bir şekilde emilim yetersizliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Monteiro ve ark. (49), doğum öncesi ısı stresinin, anne tarafından üretilen kolostrum kalitesinin düşürmesinin yanında buzağının IgG transfer kapasitesini de değiştirdiğini göstermiştir. Ahmed ve ark. (52), geç gebelikte ısı stresi altındaki annelerden doğan buzağıların, kolostrum alımından önce ve sonra jejunal enterosit apoptotik hızında bir artışa sahip olduğunu göstermiştir; bu durum hızlandırılmış bağırsak kapanmasının ve bozulmuş pasif bağışıklık transferinin göstergesidir. Yapılan diğer bir çalışmada ise Dahl ve ark. (50), anne karnında ısı stresine maruz kalan buzağın, serinletilmiş buzağılara kıyasla doğumda jejenumda daha fazla apoptotik enterositlere sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca doğumdan sonraki ilk ay boyunca maternal ısı stresinden etkilenen buzağın serinletilmiş buzağılara kıyasla daha düşük hematokrit seviyelerine sahip olmaları, uterus içi gelişme sırasında fetal hipoksiye postnatal adaptasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir (51-53).

Gebeliğin son döneminde ısı stresine maruz kalan fetüslerin doğum sonrası damızlık anne döneminde daha az süt verdikleri gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar, fetal programlamaya bağlı olarak meme bezinde özellikle proliferasyon, apoptoz ve gelişme ile ilişkili 50'nin üzerinde genin metilasyona uğradığı ve bu epigenetik değişime bağlı olarak alveolar hücre sayısının doğal genetik kapasitesinin altında olduğu belirlenmiştir (53).

5. Fetal Programlamanın Kuşaklar Arası Etkileri

Fetal programlama, doğmamış yavruların uterusunda maruz kaldığı çevresel faktörlerin, ilerleyen yaşlarında sağlık ve hastalık risklerini etkileyebileceği teorisine dayanmaktadır. Bu etkiler sadece doğmamış yavrunun yaşamını değil, aynı zamanda gelecek kuşakları da etkileyebilir. İneklerde fetal programlamanın kuşaklar arası etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bir kuşaktan diğerine geçen genetik ve epigenetik değişikliklerin hayvan popülasyonunun sağlığını ve performansını nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olur.

Annenin gebelik sırasında olumsuz bir ortama maruz kalması, yalnızca fetüsü doğrudan etkilemekle kalmaz, aynı zamanda fetal gelişim sırasında oluşan germ hücrelerini de etkiler ve bu nedenle F2 neslinin doğurganlığını da etkileyebilir (17) (Şekil 4). Erken yaşta olumsuz çevresel maruziyetlerin sonraki nesiller üzerindeki etkisi, gelişimsel programlamanın dişi yavruların üreme sistemi üzerindeki etkileri düşünüldüğünde daha belirgin olabilir. Bunun nedeni, dişi yavruların üreme fizyolojisindeki programlanmış değişikliklerin, yalnızca değişen doğurganlık/üreme kapasitesi riskini değiştirmekle kalmayıp, aynı zamanda bir sonraki nesle yol açan gametler üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabilmesidir (22). Olumsuz gebelik maruziyetinin zamanlamasına bağlı olarak germ hücre oluşumu, hipotalamik-hipofiz-gonadal (HPG) eksenin gelişimi, üreme dokusu farklılaşması ve folikülogenez etkilenebilir (22). İnsanlarda, kemirgenlerde ve koyunlarda, uterusunda yaşanan olumsuz koşulların, ovaryumların yapısında ve işlevinde programlanmış değişikliklere, pubertase ulaşma zamanında ve östrus/menstrual döngülerinde değişikliklere yol açabileceğine dair sağlam kanıtlar bulunmaktadır (17).



Şekil 4: İneklerde prenatal programlamanın modeli (54)'den Türkçe'ye uyarlanmıştır.

Figure 4: Model of prenatal programming in cattle (adapted to Turkish (54)).

İnek yetiştiriciliğinde kuşaklar arası etkileri yönetmek ve önlemek için doğru beslenme, uygun çevresel koşullar sağlama, stresi azaltma ve genetik seçim gibi önlemler alınabilir. Sağlıklı bir uterus ortamı sağlamak, doğmamış yavruların genetik ve epigenetik sağlığını olumlu yönde etkileyebilir. Ayrıca, doğum sonrası dönemde yavruların da doğru beslenmesi ve uygun koşullarda yetiştirilmesi, kuşaklar arası hastalık riskini azaltabilir.

6. Sonuç

Fetal programlama, inek yetiştiriciliğinde ve hayvan sağlığı alanında son yıllarda büyük bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu konsept, yavrunun uterusundaki çevresel faktörlerin, doğmamış yavrunun genetik ifadesini ve sağlık

durumunu etkileyebileceğini öne sürer. İneklerde fetal programlama ile ilgili yapılan araştırmalar, hayvan yetiştiriciliğinde ve insan sağlığı alanındaki uygulamalara önemli perspektifler sunmaktadır.

Epigenetik değişiklikler, DNA dizisinde bir değişiklik olmadan gen ifadesindeki değişiklikleri tanımlar. Bu değişiklikler, doğmamış yavrunun genetik programını etkileyebilir ve sonuç olarak hayvanın sağlık durumunu ve hastalıklara olan duyarlılığını şekillendirebilir. İneklerde yapılan araştırmalar, beslenme, stres, toksin maruziyeti gibi faktörlerin epigenetik değişikliklere yol açabileceğini ve bu değişikliklerin gelecek nesiller üzerinde uzun vadeli etkileri olabileceğini göstermektedir.

Gebelik sırasında annenin besin alımı, fetal büyümenin kritik bir belirleyicisidir ve yavruların sağlığı ve performans verimliliği üzerinde yaşam boyu etkileri vardır. Bu dönemde annenin beslenmesi, erken doğum sonrası yaşamda yavruların büyüme ve gelişiminin birçok yönünü olumsuz etkileyebilir. Bu değişikliklere aracılık etmede, somatotropik eksenindeki değişiklikler, leptin ve insülin sinyali, kas, kemik, yağ dokusu ve kök hücre işlevindeki anahtar düzenleyici faktörler dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yer alabilir. Doğum sonrası yaşamda gözlemlenen değişiklikler, muhtemelen fetal yaşam sırasında meydana gelen maternal programlamanın kalıcı etkileridir. Ayrıca, epigenetik mekanizmalar, yavru kas ve büyüme üzerindeki bazı uzun vadeli kalıcı etkilere aracılık etmede yer alabilir. DNA metilasyonu, histon modifikasyonu ve mikroRNA gibi temel epigenetik modifikasyonlardaki değişikliklerin, yetersiz beslenen annelerden doğan yavrularda daha fazla değerlendirilmesi gerekir. Bu mekanizmaları daha iyi anlamak, yavrular ve sonraki nesiller için en iyi yönetim uygulamalarını belirlemeyi amaçlayan çalışmalara ihtiyaç vardır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, özellikle doğan damızlık adayı buzağuların epigenetik değişimlerinin nasıl ölçüleceği ve dondurulmuş spermalarda epigenetik değişimlerin nasıl belirleneceği yönünde yoğunlaşmıştır. Maternal programlama mekanizmalarını belirlemeye ve ideal rasyon düzenlemelerine ek olarak, gebeliğin son iki ayında A, D, E ve B kompleks vitaminler, mineral-iz element gibi antioksidan uygulamalar ve arginin, lizin gibi anahtar amino asit takviyelerinin pozitif yönde etkileri oldukça yüksektir.

Sonuç olarak, ineklerde fetal programlama ve epigenetik etkiler alanındaki araştırmalar, sadece hayvan yetiştiriciliği için değil, aynı zamanda insan sağlığı açısından da önemli bilgiler sunmaktadır. Bu konseptlerin daha fazla araştırılması ve anlaşılması, gelecek nesillerin sağlığını ve refahını korumak için önemli bir adımdır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların herhangi bir çıkar çatışması beyanı bulunmamaktadır.

Finansal Kaynak Beyanı

Çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Mehmet Rıfat VURAL
Deney tasarımı: Nazlı Senem CAM
Denetleme/Danışmanlık: Mehmet Rıfat VURAL
Veri analizi ve yorum: Nazlı Senem CAM
Kaynak taraması: Nazlı Senem CAM
Makalenin yazımı: Nazlı Senem CAM
Eleştirel inceleme: Mehmet Rıfat VURAL

Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve belgelerin akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

Kaynaklar

1. Barker DJP. In utero programming of chronic disease. *Clin Sci (Lond)*. 1998;95:115–28.
2. Godfrey KM, Costell PM, Lillycrop KA. The developmental environment, epigenetic biomarkers and long-term health. *J Dev Orig Health Dis*. 2015;6(5):399–406.
3. Lemley CO. Managing the pregnant female. *Fetal Programming Proceedings. Appl Reprod Strateg Beef Cattle*. 2019;20–21.
4. Jaenisch R, Bird A. Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. *Nat Genet*. 2003;33:245–54.
5. Stevenson K, Lillycrop KA, Silver MJ. Fetal programming and epigenetics. *Curr Opin Endocr Metab Res*. 2020;13:1–6.
6. Reynolds LP, Borowicz PP, Caton JS, Vonnahme KA, Luther JS, Buchanan DS, et al. Uteroplacental vascular development and placental function: an update. *Int J Dev Biol*. 2010;54(2–3):355–66.
7. Funston RN, Summers AF. Epigenetics: Setting up lifetime production of beef cows by managing nutrition. *Annu Rev Anim Biosci*. 2013;1:339–63.
8. Palmer P, Velazquez MA, Jammes H, Duranthov N. Review: Epigenetics, developmental programming and nutrition in herbivores. *Animal*. 2018;12(2):363–71.
9. Thompson RP, Nilsson E, Skinner MK. Environmental epigenetics and epigenetic inheritance in domestic farm animals. *Anim Reprod Sci*. 2020;220:106350.
10. Khalil CA. The emerging role of epigenetics in cardiovascular disease. *Ther Adv Chronic Dis*. 2014;5(4):178–87.
11. Rogers JM, Ellis-Hutchings RG, Lau C. Epigenetics and the developmental origins of health and disease comprehensive. *Toxicol*. 2010;12:69–88.
12. Wu C, Sirard MA. Parental effects on epigenetic programming in gametes and embryos of dairy cows. *Front Genet*. 2020;11:557846.
13. Gardner KE, Allis CD, Strahl BD. Operating on chromatin, a colorful language where context matters. *J Mol Biol*. 2011;409:36–46.
14. Nolte-T Hoen EN, Van Rooij E, Bushell M, Zhang CY, Dashwood RH, James WP, et al. The role of microRNA in nutritional control. *J Intern Med*. 2020;278:99–109.
15. Chen K, Rajewsky N. The evolution of gene regulation by transcription factors and microRNAs. *Nat Rev Genet*. 2007;8:93–103.
16. Pasquinelli AE. MicroRNAs and their targets: recognition, regulation and an emerging reciprocal relationship. *Nat Rev Genet*. 2012;13:271–82.
17. Wathes DC. Developmental programming of fertility in cattle—is it a cause for concern? *Animals (Basel)*. 2022;12:2654.
18. Hales CN, Barker DJ. The thrifty phenotype hypothesis. *Br Med Bull*. 2001;60:5–20.
19. Micke GC, Sullivan TM, Gatford KL, Owens JA, Perry VE. Nutrient intake in the bovine during early and mid-gestation causes sex-specific changes in progeny plasma IGF-I, liveweight, height, and carcass traits. *Anim Reprod Sci*. 2010;121(3–4):208–17.
20. Long JM, Trubenbach LA, Pryor JH, Long CR, Wickersham TA, Sawyer JE, et al. Maternal nutrient restriction alters endocrine pancreas development in fetal heifers. *Domest Anim Endocrinol*. 2021;74:106580.
21. Polizel GHG, Fantinato-Neto P, Rangel RB, Grigoletto L, Bussiman FDO, Cracco RC, et al. Evaluation of reproductive traits and the effect of nutrigenetics on bulls submitted to fetal programming. *Livest Sci*. 2021;247:104487.
22. Yao S, Lopez-Tello J, Sferruzzi-Perri AN. Developmental programming of the female reproductive system—a review. *Biol Reprod*. 2021;104(4):745–70.

23. Greenwood PL, Cafe LM. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: long-term consequences for beef production. *Animal*. 2007;1(9):1283–96.
24. Zago D, Canozzi ME, Barcellos JOJ. Pregnant cow nutrition and its effects on fetal weight—a meta-analysis. *J Agric Sci*. 2019;157(1):83–95.
25. Gonzalez JM, Camacho LE, Ebarb SM, Swanson KC, Vonnahme KA, Stelzl AM, et al. Realimentation of nutrient-restricted pregnant beef cows supports compensatory fetal muscle growth. *J Anim Sci*. 2013;91(11):4797–806.
26. Du M, Ford SP, Zhu M-J. Optimizing livestock production efficiency through maternal nutritional management and fetal developmental programming. *Anim Front*. 2017;7(3):5–11.
27. Posont RJ, Yates DT. Postnatal nutrient repartitioning due to adaptive developmental programming. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2019;35(2):277–88.
28. Khanal P, Nielsen MO. Impacts of prenatal nutrition on animal production and performance: a focus on growth and metabolic and endocrine function in sheep. *J Anim Sci Biotechnol*. 2017;8:75.
29. Rutkowska K, Stachowiak M, Oprzadek J, Bauersachs S, Flisikowski K. Altered miRNA-4321 expression in maternal and fetal placenta of intrauterine growth-restricted bovine fetuses. *Placenta*. 2018;70:50–2.
30. Vonnahme KA. Nutrition during gestation and fetal programming. *Proc Range Beef Cow Symp*. 2007;11–13.
31. Zhang H, Sun W, Wang ZY, Deng MT, Zhang GM, Guo RH, et al. Dietary N-carbamylglutamate and rumen-protected L-arginine supplementation ameliorate fetal growth restriction in undernourished ewes. *J Anim Sci*. 2016;94(5):2072–85.
32. Borowicz PP, Arnold DR, Johnson ML, Grazul-Bilska AT, Redmer DA, Reynolds LP. Placental growth throughout the last two-thirds of pregnancy in sheep: vascular development and angiogenic factor expression. *Biol Reprod*. 2007;76(2):259–67.
33. Van Eetvelde M, Verdru K, De Jong G, Van Pelt ML, Meesters M, Opsomer G. Researching 100 t cows: an innovative approach to identify intrinsic cow factors associated with high lifetime milk production. *Prev Vet Med*. 2021;193:105392.
34. Caton JS, Crouse MS, Reynolds LP, Neville TL, Dahlen CR, Ward AK, et al. Maternal nutrition and programming of offspring energy requirements. *Transl Anim Sci*. 2019;3(3):976–90.
35. Sullivan TM, Micke GC, Perkins N, Martin GB, Wallace CR, Gattford KL, et al. Dietary protein during gestation affects maternal IGF, IGFBP, leptin concentrations, and fetal growth in heifers. *J Anim Sci*. 2009;87(10):3304–16.
36. Mossa F, Walsh SW, Butler ST, Berry DP, Carter F, Lonergan P, et al. Low numbers of ovarian follicles ≥ 3 mm in diameter are associated with low fertility in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2012;95(5):2355–61.
37. Hurlbert JL, Baumgaertner F, Menezes ACB, Bochantin KA, Diniz WJS, Underdahl SR, et al. Supplementing vitamins and minerals to beef heifers during gestation: impacts on dam and offspring mineral status and offspring growth. *J Anim Sci*. 2024;102.
38. Thomson EE, Beltman ME, Crowe MA, McAloon CG, Furlong JG, Duane MM, et al. Association between maternal growth in the pre-conception and early gestational period with AMH in offspring. *Reprod Domest Anim*. 2024;59(1).
39. Cushman RA, Akbarinejad V, Perry GA, Lents CA. Developmental programming of the ovarian reserve in livestock. *Anim Reprod Sci*. 2024;264.
40. Aiken CE, Tarry-Adkins JL, Penfold NC, Dearden L, Ozanne SE. Decreased ovarian reserve and increased lipid peroxidation in female offspring exposed to obesogenic maternal diets. *FASEB J*. 2016;30(4):1548–56.
41. Laporta J, Dado-Senn B, Skibieli AL. Late gestation hyperthermia: epigenetic programming of mammary development and function. *Domest Anim Endocrinol*. 2022;78:106681.
42. Dahl GE, Skibieli AL, Laporta J. In utero heat stress programs reduced performance and health in calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 2019;35(2):343–53.
43. Geiger AJ, Parsons CLM, Akers RM. Feeding a higher plane of nutrition and providing exogenous estrogen increases mammary gland development in Holstein heifer calves. *J Dairy Sci*. 2016;99:7642–53.
44. Polsky L, Keyserlingk MA. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J Dairy Sci*. 2017;100:8645–8657.
45. Vural R. Sıcak Stresinin Reprodüksiyon Üzerine Etkisi. *Sürü Sağlığı ve Yönetimi E- Kongresi*; 88-97; 2021.
46. Herbut P, Angrecka S, Walczak J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a

- review. *Int J Biometeorol.* 2018;62:2089–2097.
47. Dado-Senn B, Laporta J, Dahl GE. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. *Theriogenology.* 2020;154:17-23.
 48. Nickles KR, Relling AE, Garcia-Guerra A, Fluharty FL, Kieffer J, Parker AJ. Beef cows housed in mud during late gestation have greater net energy requirements compared with cows housed on wood chip bedding. *Transl Anim Sci.* 2022;6(2).
 49. Monteiro APA, Guo JR, Weng XS, Ahmed BM, Hayen MJ, Dahl GE, Bernard JK, Tao S. Effect of maternal heat stress during the dry period on growth and metabolism of calves. *J Dairy Sci* 2016;99(5): 3896-3907.
 50. Dahl GE, Tao S, Laporta J. Heat Stress Impacts Immune Status in Cows Across the Life Cycle. *Front Vet Sci.* 2020;7:116.
 51. Tao S, Monteiro APA, Thompson IM, Hayen MJ, Dahl GE. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *J Dairy Sci.* 2012;95 :7128–7136.
 52. Ahmed BMS., Younas U, Asar TO, Monteiro APA, Hayen J, Tao S. Maternal heat stress reduces body and organ growth in calves: relationship to immune tissue development. *J Anim Sci.* 2016;94:617.
 53. Ghaffari MH. Developmental programming: prenatal and postnatal consequences of hyperthermia in dairy cows and calves. *Domest Anim Endocrinol.* 2020;80.
 54. Lemley CO, Littlejohn BP, Burnett DD. Fetal Programming. In: Hopper RM, editor. *Bovine Reproduction*, Second Edition. John Wiley & Sons; 2021. p. 339-346.



doi 10.33188/vetheder.1451472

Derleme Makalesi / Review Article

Kedilerde omurilik yaralanmalarında travma yönetimi

Hilmican ERGİN^{1,a*}, Sena YAZICI^{1,b}, Kurtuluş PARLAK^{1,c}

¹Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

^a0000-0001-5201-5624^a; ^b0009-0006-6802-9186^b; ^c0000-0002-8656-037X^c

MAKALE BİLGİSİ/
ARTICLE INFORMATION:

ÖZET

Geliş / Received:

20 Şubat 24

20 February 24

Revizyon/Revised:

19 Haziran 24

19 Haziran 24

Kabul / Accepted:

01 Ağustos 24

01 August 24

Anahtar Sözcükler:

Omurilik yaralanmaları

Travma

Dekompresyon

Keywords:

Spinal cord injuries

Trauma

Decompression

Bu derleme, kedilerde omurilik yaralanmalarının yaygınlığı, nedenleri, tanısal yaklaşımları, tedavi seçenekleri ve cerrahi müdahalelerin sonuçları üzerine odaklanmaktadır. Kedilerdeki akut omurilik yaralanmaları genellikle vertebral kırıkları veya çıkıkları şeklinde ve sıklıkla trafik kazaları gibi dış faktörlere bağlı oluşmaktadır (%41-63). Bu yaralanmalar genellikle ciddi nörolojik sonuçlarla ilişkilidir ve tedavileri genellikle zordur. Tanısal yaklaşımlar arasında, nörolojik muayene ve görüntüleme yöntemleri yaralanmanın ciddiyetinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Tedavi seçenekleri arasında konservatif yönetim ve cerrahi müdahale yer alır. Cerrahi müdahale omurilik üzerindeki baskıyı azaltmayı ve omuriliği stabilize etmeyi amaçlar. Cerrahi sonuçlar genellikle başarılı olsa da bazı komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Bunlar arasında iyatrojenik yaralanmalar, implantla ilgili sorunlar ve enfeksiyonlar yer alır. Bu nedenle, dikkatli bir ameliyat sonrası izleme ve uygun tedavi gereklidir. Ameliyat sonrası bakım süreci; analjezi yönetimi, komplikasyonların izlenmesi ve mesane yönetimini içerir. Mesane boşaltma sorunları olan hastalar için elle boşaltma ve geçici veya kalıcı üriner kateter kullanımı gibi çeşitli seçenekler mevcuttur. Sonuç olarak bu derleme, kedilerde omurilik travmasının düşük sağkalım oranlarını, mevcut tanı seçenekleri ve uygun tedavi yönetimi ile iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Trauma management in spinal cord injuries in cats

ABSTRACT

This review focuses on the prevalence, causes, diagnostic approaches, treatment options and outcomes of surgical interventions for spinal cord injuries in cats. Acute spinal cord injuries in cats usually occur in the form of vertebral fractures or dislocations and are often due to external factors such as traffic accidents (41-63%). These injuries are often associated with severe neurologic consequences and are often difficult to treat. Among diagnostic approaches, neurologic examination and imaging modalities play an important role in assessing the severity of the injury. Treatment options include conservative management and surgical intervention. Surgical intervention aims to relieve pressure on the spinal cord and stabilize the spinal cord. Although surgical outcomes are usually successful, some complications can occur. These include iatrogenic injuries, problems with the implant and infections. Therefore, careful postoperative monitoring and appropriate treatment is necessary. Postoperative care includes analgesia management, monitoring for complications and bladder management. Several options are available for patients with bladder emptying problems, including manual emptying and the use of temporary or permanent urinary catheters. In conclusion, this review aims to improve the low survival rates of spinal cord trauma in cats with available diagnostic options and appropriate treatment management.

©2025 The Authors.
Published by Veteriner Hekimler Derneği. This is an open access article under CC-BY-NC license. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



How to cite this article: Ergin H, Yazıcı S, Parlak K. Kedilerde omurilik yaralanmalarında travma yönetimi. Vet Hekim Der Derg. 2025; 96 (1):88-100.

* Sorumlu Yazar e-posta adresi /Corresponding Author e-mail address:hilmican.ergin@selcuk.edu.tr

1. Giriş

Akut omurilik yaralanmaları kedilerde yaygın olarak görülmekte ve ciddi nörolojik hasarlarla sonuçlanmaktadır. Eksojen travmaya bağlı olarak vertebra kırık veya çıkıkları yaygın olarak görülmektedir (1,2,3). Genel olarak vertebral kırık ve çıkıklar, kedilerde tüm nörolojik olguların yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır (3). Kedilerde karşılaşılan vertebral kırık ve kırıkların %41-63'ünün nedeni trafik kazalarıdır (4, 5, 6). Bunların yanında yüksekten düşme, ateşli silah yaralanmaları ve ısırık yaraları da diğer sebepler arasında yer almaktadır (5,7). Omurilik yaralanmaları hakkında beşeri hekimlikte yapılan çalışmaların çoğu ikincil hasar mekanizmalarının etkilerinin azaltılmasına yoğunlaşmaktadır. Ancak insanlarda ve hayvanlarda uygulanan hiçbir tedavi prosedürünün etkisi kesin olarak kanıtlanamamıştır (8, 9, 10). Akut omurilik yaralanmalarının tedavisinde mevcut olan tıbbi seçeneklere rağmen, birçok akut omurilik olguları ciddi nörolojik fonksiyonel bozukluklar ile sonuçlanmaktadır. Akut omurilik yaralanması alanında araştırmalar devam etmekte ve yeni tedavi yöntemleri geliştirilmektedir (8). Bu derlemenin amacı; omurilik travmalı kedilerde, klinik ve nörolojik muayeneyi, hasta yönetimini, tanı ve sağaltım yöntemlerini sunmaktır.

2. Omurilik Yaralanmalarında Yaklaşım

Trijaj ve nörolojik muayene prosedürlerinin hızlı ve etkin bir şekilde uygulanması omurilik yaralanmalı olguların başarılı yönetiminde oldukça önemlidir (11). Omurilik yaralanmalı olgularda, travmayı (birincil yaralanma) takiben gelişen ikincil omurilik hasarını en aza indirmek veya önlemek amacıyla, hastaların solunum ve dolaşım fonksiyonları stabil hale getirilmelidir (9).

Vertebra hasarının şiddeti ve bölgesine (servikal, torakal veya lumbal vertebra) bağlı olarak, lokal/sistemik kan basıncının düşmesi veya damar hasarı sonucu omuriliğin perfüzyonunun azalması, ikincil omurilik yaralanmasına neden olabilmektedir (12,13). Sitotoksik ödem, kanamanın neden olduğu intraspinal kord basıncının artması ve otoregülatör mekanizmaların başarısızlığı nedeniyle omuriliğin lokal perfüzyonu azalmakta ve buna bağlı olarak ikincil hasar gelişmektedir (9). Bu nedenle sistemik kan basıncını ve oksijenizasyonu normal eşiklerde tutmak kritik öneme sahiptir. Hipotansiyon ve hipoksemi, omurilik yaralanmasının şiddetini büyük ölçüde arttırabilir (14,15). Omuriliğin perfüzyonu ile hastaların pozitif sonuçları arasında yakın bir ilişki vardır ve bu da uygun kan dolaşımını sürdürmenin hayati önemini vurgulamaktadır (9,12). Ayrıca travmaya bağlı gelişebilecek potansiyel sistemik anormalliklerin de ele alınması çok önemlidir.

Omurilik travmalı hastalarda dolaşım ve solunum sisteminin desteklenmesi ile birlikte hava yolu açıklığının da kontrol edilmesi gerekmektedir. Ayrıca temel yaşam desteği, omurilik yaralanmasından daha önceliklidir. Hastanın vital bulguları (nabız, solunum sayısı ve hızı, rektal sıcaklık vb.) kaydedilmelidir. Travmaya bağlı olarak gelişebilen diyafram rupturları, kosta kırıkları ve pnömotoraks gibi çeşitli hastalıklar solunumu etkileyebilir. Bu gibi durumlarda toraks bölgesinin radyografik muayenesi hızla yapılmalı ve pnömotoraks gibi toraks patolojileri mevcut ise öncelikli olarak müdahale edilmelidir ayrıca bu gibi solunum problemi olan hastalarda entübasyon veya ventilasyon gerekebilmektedir. Bunların yanında, ortalama arteriyel kan basıncı (MABP) ve kan gazı ölçümü yapılmalıdır. SpO₂'yi izlemek için nabız oksimetresi kullanılmalıdır. Yeterli sistemik kan basıncı ve kandaki oksijen saturasyonunun devamlılığının sağlanması, akut merkezi sinir sistemi hasarlarında nöral dokunun korunmasında önemli rol oynamaktadır (16).

Omurga yaralanması olan hastaların %15-35'inde, toraks travması da (pnömotoraks, kosta kırıkları, akciğer kontüzyonu gibi) meydana gelmektedir (4,17). Travmaya bağlı gelişen pulmoner kontüzyon ilk 48 saatte kötüleşebilmektedir ve bu hastalarda anestezi uygulamalarında dikkatli olunmalıdır (18). Toraks travmasına bağlı olarak gelişen; aritmiler (ventriküler taşikardi, atriyoventriküler blok, atriyal taşikardiler) ve elektrokardiyogram (EKG) değişiklikleriyle tespit edilebilen travmatik miyokardit gibi durumlar da göz ardı edilmemelidir (19). Omurga yaralanmalı hastaların %6-15'inde aynı zamanda abdominal travmalara da (hemoabdomen, üroabdomen, gastrointestinal veya hepatobilyer yaralanmalar gibi) rastlanılmıştır. Ayrıca omurga yaralanmalı hastaların %14-18'inde pelvis ve apendiküler kemiklerde eş zamanlı kırıklar görülmüştür (4,17).

Kedilerin köpeklerden hacim olarak daha küçük olmalarından dolayı eş zamanlı travmalar (pnömotoraks, apendiküler kırıklar veya hemoperitoneum gibi) kedilerde daha yaygındır (kedilerde %83, köpeklerde %66) (5). Vertebradaki yaralanmalar instabiliteye neden olabilir ve stabil olmayan vertebral kırıklar dinamiktir. Omurilik hasarını ve nörolojik durumun kötüleşmesini önlemek için bandaj veya atel gibi hafif manipülasyon veya hareketsizleştirme teknikleri derhal uygulanmalıdır. Özellikle kraniyal servikal omurga yaralanmalı hastaların hareketsizleştirilmesine geç kalınması durumunda, atlantoaksiyal ve atlantookspital yaralanmada görüldüğü gibi yıkıcı veya ölümcül sonuçlar ortaya çıkabilir (1,20). Nörolojik muayene, sinir sistemini etkileyen lezyonların lokalizasyonunu, yaygınlığını ve ciddiyetini belirlemeyi amaçlamaktadır (21). Travmaya bağlı vertebra kırık veya çıkıkları olan hastalar, yaralanmanın yeri ve şiddetine bağlı olarak çeşitli klinik belirtiler gösterebilirler (2,4,11).

Vertebra kırığı veya çıkığı olan bir hastada hızlı bir ön değerlendirme yapılmalıdır. Postürü reaksiyon testi sırasında omurilikte meydana gelebilecek iyatrojenik hasarı önlemek için nörolojik muayene tam olarak gerçekleştirilmeyebilir (21,11). Hastanın kliniğe geldiği andaki ilk değerlendirme, omurilik yaralanmasının prognozunu gösteren en önemli klinik bulgu olmaya devam etmektedir (21,22).

Omurilik yaralanmasına bağlı olarak torakolumbal bölgenin kaudalinde kas tonusu ve reflekslerin azalması veya yokluğu, spinal şoku gösterebilir. Bu tabloya genellikle fibrokartilajinöz emboli, intervertebral disk herniasyonu veya akut kompresyonsuz nükleus pulposus ekstrüzyonu gibi patolojik durumlarda da rastlanılmaktadır (23). Spinal şok meydana gelen olguların yönetimi için lezyonların yerinin doğru bir şekilde belirlenmesi önemlidir (24). Mevcut çalışmalar, spinal şokun bir sonucu olarak yukarı motor nöron lezyonunu takiben 12 - 48 saat boyunca arka ekstremitelerde çekme (fleksör) refleksinin azalabileceğini göstermektedir (24,25).

Hasta stabil olur olmaz nörolojik bir değerlendirme yapılmalıdır. Lezyonlu bölgenin anatomik olarak lokalize edilmesi, tedavinin ve görüntüleme metodlarının daha etkin kullanılması açısından önemlidir. Bazı şiddetli travma olgularında, mental durumu etkili bir şekilde değerlendirmek mümkün olmayabilir ve omurilik yaralanmasından ziyade bu hastalarda beyin travması mevcut olabilir. Nörolojik testler ile tüm ekstremitelerdeki spinal refleksler (örn. fleksör refleks) ve kutanöz trunsi refleksi değerlendirilmelidir. Tetraparezi veya tetrapleji olgularında, C1-C5 omurilik segmentlerini etkileyen bir lezyon ile C6-T2 segmentlerini etkileyen bir lezyon arasında ayırım yapılması gerekmektedir. Bu, ön ekstremitedeki fleksör refleksin kontrol edilmesiyle en iyi şekilde değerlendirilebilir. Ancak bulguların yorumlanması zor olabilir. T3-L3 bölgesindeki travma sonucu görülen Schiff-Sherrington duruşunu (ön ekstremitelerde ekstensor sertliği, boyunda hiperekstensiyon ve arka ekstremitelerde parapleji) tetraparezinin bir göstergesi olarak yorumlanmamalıdır. Parapleji ile birlikte ön ekstremitenin ekstensor sertliği torakolumbal travmalarda da görülebilir. Şüpheli Schiff-Sherrington duruşuyla gelen bir hayvan, beyin hasarı geçirmiş ve deserebrate veya deserebellate postürüyle başvuran bir hayvandan da ayırt edilmelidir (16).

Nörolojik muayenede T3-L3 ile L4-S3 omurilik segmentlerindeki lezyonları birbirinden ayırmaya arka ekstremitelerde fleksör ve patellar refleks testleri yardımcı olabilir. Fakat spinal şok durumlarında, T3-L3 bölgesinde ki bir lezyonun kaudalinde akut üst motor nöron lezyonuna ek olarak segmental spinal reflekslerde bir kayıp veya azalma meydana gelebilir. Bu durum nörolojik muayeneyi karmaşık hale getirebilir. Bu durum 24-48 saat içinde azalabilir yahut kaybolabilir. Bu nedenle spinal şoktan şüphelenilen durumlarda belli periyotlarda sık nörolojik muayene yapmak gerekebilir. Ayrıca T3-L3 ile L4-S3 segmentleri arasında oluşan lezyonun ayırımı yapmak için her zaman kutanöz trunsi (pannikulus) refleksinin kontrolü yapılmalıdır. Alt motor nöron lezyonlarında (L4-S3), kutanöz trunsi refleksi pozitif olmalıdır (11,16,24,25.) Akut omurilik yaralanmalarında en önemli prognostik gösterge ekstremitenin distalinde derin ağrı duyusunun varlığı veya yokluğudur. Derin ağrı duyusu ve fleksör refleks testi, kedi ve köpeklerde spinal travmaların değerlendirilmesinde kritik öneme sahip olup, hayvanın spinal kord fonksiyonlarını farklı yönlerden değerlendirirler. Derin ağrı duyusu testi; ağırlı uyarılara tepki verme kapasitesini gösterir. Tamamen kaybedilmiş derin ağrı duyusu, genellikle kötü bir prognozla ilişkilendirilir. Fleksör refleks testi; spinal kordun belirli segmentlerinin fonksiyonel bütünlüğünü değerlendirmek için yapılır. Bu test, refleks aktivitesini değerlendirir ve spinal kordun belli bir seviyesindeki motor yanıtları kontrol eder. Bu testlerin birlikte kullanımı, spinal travmanın ciddiyetini anlamak ve tedavi sürecini planlamak için önemlidir (8,16).

Vertebral kırık ve/veya çıkık, hayvanlarda şiddetli ağrıya sebep olabilmektedir (11). Bu olgularda analjezinin sağlanması çok önemlidir. Çünkü ağrı bir dizi nöroendokrin olayı başlatır. Hipotalamik hipofiz-adrenal bez eksenini aktivasyonuna ardından ise proinflatuar sitokinlerin ve katekolaminlerin salınmasına yol açar. Bu süreçler, bağışıklık fonksiyonunun yanı sıra kardiyorespiratuar değişikliklere de neden olur. Ağrı aynı zamanda deri altı oksijen basıncını da azaltarak yara iyileşmesini bozmaktadır (26). Benzer bir süreç, omurilik kan akışının ve oksijenizasyonun değişmesine neden olarak ikincil omurilik hasarının ilerlemesine sebep olmaktadır (9). Aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi ağrıyı gidermek için opioidlerden non-steroid antiinflatuar ilaçlara (NSAID'ler) kadar birçok ilaç türü kullanılabilir. Özetle, ikincil omurilik yaralanmasını önlemek için nöroendokrin stres tepkisinin engellenmesi, doku perfüzyonunun sürdürülmesi, iştahın iyileştirilmesi, periferik ve merkezi duyarlılığın yönetilmesi ana amaçlardır. Ağrı giderici tedavi başladıktan sonra hastayı hareketsiz hale getirmek için daha fazla özen gösterilmelidir (11).

Tablo 1: Omurilik travması geçiren hastalarda kullanılan bazı sedatif ve analjezik ajanlar

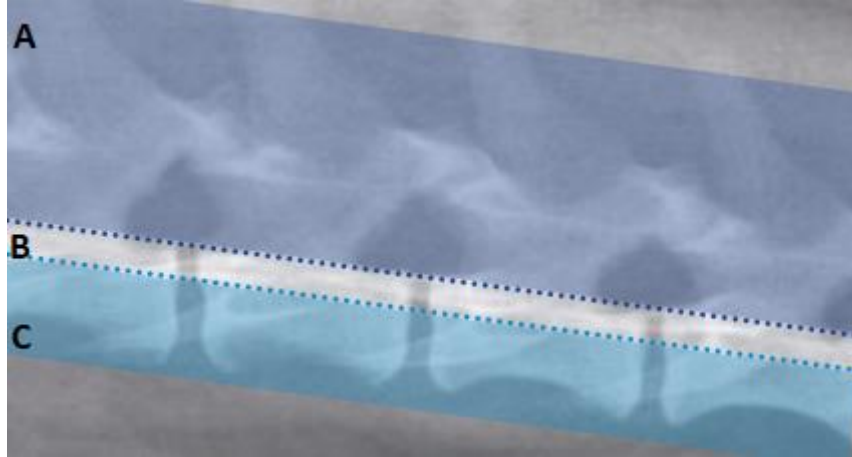
Table 1: Some sedative and analgesic agents used in patients with spinal cord trauma

Sedatif ve Analjezik Ajanlar	
Butorfanol Tartrate: 0.1-1mg/kg IM 0.2-0.4 mg/kg IV	Sentetik opioidler grubundan santral etkili bir analjeziktir. Butorfanol kedilerde analjezi için kullanılan bir kappa-opioid reseptör agonistidir. Minimal düzeyde kardiyopulmoner depresyon oluşturur. Etki süresi 1-6 saat aralığındadır. Kedilerde genel olarak hafif - orta şiddetli ağrılarda kullanılırken, tek başına kullanımında şiddetli ağrı ve ortopedik ağrılarda etkili değildir (27,28,29,30).
Fentanil: 0,005-0,01 mg/kg IV	Opioid agonistleri, kritik hastalarda kullanım için idealdir, çünkü analjezik olarak oldukça etkilidirler ve güvenlidirler (aşırı dozlar nalokson ile geri döndürülebilir) (31).
Metadon: 0,1-0,3 mg/kg IV	Opioidlerin kardiyovasküler yan etkileri arasında vagal aracılı bradikardi yer alır (31,32). Opioid uygulamasını takiben hastalarda iştah kaybı gelişebilir ancak genellikle bu durum kısa sürelidir (11).
Ketamin HCL: 11-33mg/kg IM 2-4mg/kg IV	Orta derecede analjezik niteliklere sahiptir. Analjezik ve sedatif etkiler en iyi şekilde bir opioid ile kombinasyon halinde kullanıldığında elde edilmektedir. Ketamin doza bağlı semptomimetik aktiviteye sahiptir, bu nedenle kalp hastalığı veya hipertansiyonu olan hayvanlarda dikkatli olunmalı ve doz azaltılmalıdır (33,34,35). Ketamin serebral metabolizma hızını artırır ve travmatik beyin hasarı gibi kafa içi basınç artışı riski olan hastalarda önerilmez (36).
Lidokain: 0.25-0.5 mg/kg IV	Ağrının opioid ve ketamine yanıt vermediği durumlarda lidokain kullanımı kabul edilebilir. Vertebra ağrısı olgularında etkinliği değerlendirilmemiştir. Lidokain, kardiyovasküler fonksiyon üzerindeki baskılayıcı etkisi ve ardından hipotansiyona katkısı nedeniyle yalnızca normovolemik hastalarda kullanılmalıdır (37).
NSAİD'ler	siklooksijenaz-2 inhibe ederek anti-inflatuar yanıt ve analjezi oluşturur. Bununla birlikte, siklooksijenaz 1 inhibisyonundan kaynaklanan potansiyel yan etkilerin dikkate alınması gerekir. Böbrek kan akışında azalma, mide mukozal bütünlüğü ve trombosit fonksiyonunda bozulma olabilir (32,38).
Asepromazin: 0.05-0.1 mg/kg IV 1.1-2.2 mg/kg PO/IV/IM/SC	Vertebra travması olan hayvanlar için yararlı bir anksiyolitik ajan olarak kullanılabilir. Hipotansif etkilerinden dolayı normovolemik ve normotansif hastalarda dikkatli kullanılmalıdır (35).
Diazepam: 0.05-0.15 mg/kg IV 0.05-0.4 mg/kg IV/IM/PO	Benzodiazepinler grubunda yer almaktadırlar. İskelet kaslarında miyorelaksatif etkileri vardır. Stabil olmayan vertebra lezyonları olan hayvanlar için potansiyel olarak zararlıdır ve bu da daha sonra epaksiyal kasların splint etkilerini azaltmaktadır (35).
Midazolam: 0.2-0.4 mg/kg IM 0.1 mg/kg IV	
Medetomidin: 40-80 mcg/kg IM 1-10 mcg/kg IV	Alfa-2 adrenoseptör agonistleridirler. Vazokonstriktör etkileri kan akışını daha da bozabileceğinden çok dikkatli kullanılmalıdır. Alfa-2 agonistleri aynı zamanda miyorelaksatif etki de sağlarlar.
Deksmedetomidin: 40mcg/kg IM	Benzodiazepinlerde olduğu gibi bu ajanlar da stabil olmayan omurgaya sahip hayvanlarda dikkatli kullanılmalıdır (35).

3. Görüntüleme Yöntemleri

Omurga ve omuriliğin tanısal görüntülenmesi, kırık veya çıkıkların kesin tanısında önemli bir rol oynar. Tanısal görüntüleme yöntemine bağlı olarak yaralanmaların yeri ve türüne ilişkin bilgilerin yanı sıra bireysel tedavi planı da elde edilebilmektedir (11). Görüntüleme teknikleri arasında radyografi, floroskopi, bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MR) yer almaktadır (2,11,39).

Radyografiler travma sonrası omurganın ilk değerlendirmesi için ucuz ve hızlı bir yöntemdir, ancak sınırlamaları vardır. Omurilikte iyatrojenik travmaya neden olma potansiyeli taşıyan kas gevşemesine ve manipülasyona neden olan sedasyon, genellikle vertebranın tanısal kalitede radyografilerinin elde edilmesi amacıyla doğru konumlandırmanın sağlanması için gereklidir (30,39,41,42). Ek olarak yumuşak doku yaralanmalarını belirlemek için torakal ve abdominal radyografiler de alınmalıdır (4,17). Radyografik görüntülerde; kırık, luksasyon ve sublüksasyon varlığı değerlendirilmelidir. Yer değiştirmiş kırık parçalarına dikkat etmek önemlidir, çünkü bunlar omuriliğe baskı oluşturabilirler. Radyografiler, en çok kullanılan üç bölmeli veya üç sütunlu modele dayalı olarak instabilite açısından değerlendirilmelidir (şekil 1).



Şekil 1: Omurga instabilitesini değerlendirmek için üç kompartman modeli. (A) dorsal segment, artiküler proses, lateral pediküller, dorsal lamine (B) orta segment, omurga ve intervertebral diskin dorsal ¼'ü, dorsal longitudinal ligament (C) ventral segment, omurga ve intervertebral diskin ventral ¾'ü, ventral longitudinal ligament, ikiden fazla kompartman kırıldı veya koptuysa omurganın sabit olmadığı kabul edilir.

Figure 1: Three compartment model to assess spinal instability. (A) dorsal segment, articular process, lateral pedicles, dorsal laminate (B) middle segment, dorsal ¼ of the spine and intervertebral disc, dorsal longitudinal ligament (C) ventral segment, ventral ¾ of the spine and intervertebral disc, ventral longitudinal ligament, if more than two compartments are broken or ruptured the spine is considered unstable.

Atlantoaksiyel instabilite şüphesi durumunda, lateral radyografilerde sublüksasyon görülmüyorsa, instabiliteyi belirlemek için floroskopi sırasında servikal vertebra dikkatlice esnetilebilir (11,43). Ne yazık ki, radyografinin kırıklar (%72) ve sublüksasyonlar (%77,5) için yalnızca orta düzeyde duyarlılığı vardır ve omurilik yaralanmalarında potansiyel olarak stabil olmayan omurga lezyonlarını güvenilir bir şekilde ekarte etmek için kullanılamaz (44).

Miyelografi ikincil olarak nörolojik belirtilerde geçici bozulmaya ve nöbet gibi diğer potansiyel yan etkilere neden olma olasılığı nedeniyle önerilmez. Omurganın düz bir şekilde görüntüsünü elde etmek için hastanın konumlandırılması sırasında iyatrojenik yaralanmalar da meydana gelebilir (11,42).

Travmayı takiben yaralanan omurganın ve omuriliğin daha iyi değerlendirilebilmesi için BT ve MR gibi ileri görüntüleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir (6). Kesitsel görüntüleme teknikleri (BT ve MR), direk radyografi ve miyelografinin birçok sınırlamasının üstesinden gelir. Doğruluklarının yanı sıra ana avantajları, çok düzlemlerle değerlendirilmeye izin vermesi ve kapsamlı hasta manipülasyonu ihtiyacını ortadan kaldırmasıdır (45-47).

Kemikteki lezyonların değerlendirilmesi için tercih edilen yöntem, vertebral kırıklara ve luksasyonlara karşı %100'e varan hassasiyetin bildirildiği BT'dir (45,46). Omurilik kanamasını ödemden ayırt edebilen, prognostik öneme sahip olabilecek ve tedaviyi etkileyebilecek tek yöntem MR'dır (47). MR ile kırık omurların çevresindeki yumuşak doku değişiklikleri tespit edilebilir (48).

4. Tedavi ve Ameliyat Seçenekleri

Vertebral kırık ve luksasyonlardan muzdarip olan hastaların tedavisindeki temel amaç, hasar görmüş sinir dokularının optimal fonksiyonlarını geri kazanabilecekleri bir ortam sağlamaktır (11). Farmakolojik ve farmakolojik olmayan tedaviler, omurilik hasarındaki birincil yaralanmayı hedef almaktadır ve ikincil yaralanmanın etkilerini en aza indirmeyi amaçlar. Birincil ve ikincil yaralanmanın tedavisinin zamanlaması ve etkinliği, nörolojik travma hastasının prognozunu önemli ölçüde etkilemektedir (50).

Konservatif mi yoksa cerrahi tedavinin mi en uygun olduğunu belirlemedeki kritik faktörler omuriliğin kompresyonuna ve vertebranın 'instabilitesine' bağlıdır. Bu olay, üç kompartman modeline dayanmaktadır, burada iki veya daha fazla bölme (dorsal, orta veya ventral) etkilenirse (bağlar dahil), omurganın stabil olmadığı kabul edilir ve stabilizasyon gerektirir (11).

Dekompresyon ve vertebral stabilizasyon yöntemleri, stabil olmayan ve/veya kompresif vertebral kırık veya luksasyonun neden olduğu birincil omurilik yaralanması için tercih edilen tedavi seçenekleri olmaya devam etmektedir. Omurilik iskemisi gibi ikincil yaralanmaların tedavisinde omurilik perfüzyonunu sürdürmek için kan basıncını ve oksijenizasyonu korumak gerekmektedir (9).

Vertebra kırığı/luksasyonu olgusuyla karşılaşan veteriner hekimin cerrahi tedavi seçenekleri hakkında karar verebilmesi için bazı durumlar vardır. Vertebrada sadece tek bir kompartman etkilenirse, derin ağrı duyumu var ve cerrahi müdahale imkânı yok ise o zaman eksternal splint veya kafes istirahati gibi konservatif yaklaşımlar endikedir. Bununla birlikte, vertebral kanalın bozulmasına neden olan herhangi bir instabilite veya omurganın disloke kırıklarında ise cerrahi yaklaşım önerilmektedir. Eksternal splint veya kafes istirahati uygulanan hastaların, nörolojik bulguları daha kötüye gider ise cerrahi tedavi seçenekleri düşünülmelidir (16).

Torakal ve lumbal vertebral kırık/çıkıkların eksternal splintlemesini etkili bir şekilde gerçekleştirmek daha zordur. Yumuşak doku nekrozu ve dekübit yaraları gibi diğer problemlerle de yaygın olarak karşılaşılabilir. Bu bölgedeki yaralanmalarda kafes istirahati daha iyi bir seçenek olabilir.

Kaudal-lumbal ve lumbosakral yaralanmalar için, kedilerde omurilik L6-L7 seviyesinde sona erdiği için bu seviyenin kaudalindeki yaralanmalar omuriliğe değil, kauda equina'ya zarar verebilir. Bu bölgedeki travmalarda genellikle merkezi veya periferik sinir sistemi hasarının şiddetine bağlı olarak kuyruk felci, idrar ve/veya dışkı tutamama, siyatik sinir fonksiyon kaybı ve pelvik pleksusun işlev bozukluğu gelişebilir. Özellikle sakro-koksigeal omurların kırık ve/veya çıkıklarında, kauda equina'da daha fazla traksiyon yaralanmasını önlemek için mümkün olan en kısa sürede hastanın stabilize edilmesi gerekmektedir (52).

Bu durumdan muzdarip olan kedilerin çoğu, pudental ve/veya pelvik sinirlerde geçici veya kalıcı hasar oluşmasının bir sonucu olarak idrara çıkma gücünü gösterirler. Her ne kadar lezyon anatomik olarak alt motor nöron sistemini etkilese de, sempatik sakral spinal sinir seviyesinde ağrı veya travmaya ikincil olarak artan sempatik tonus nedeniyle mesanenin boşaltılması zor olabilir (53). Mesanenin sfinkter mekanizmasını sağlayan sinirlerin tamamen koptuğu hayvanlarda, mesane fonksiyonu açısından prognoz kötüdür. Klinik muayene sırasında kuyruk tabanında his olan kedilerin idrarlarını tutma yeteneklerini yeniden kazanmaları öngörülmektedir. Fakat kuyruk tabanında his olmayan kedilerin %60'ının idrar tutma yeteneklerini geri kazandığı da bildirilmiştir (54). İlk muayenede anal tonus ve perineal bölgede his olan kedilerin prognozu iyi kabul edilmektedir. Yaklaşık bir ay içinde idrar tutma yeteneklerini geri kazanamayan kedilerin, genellikle bu fonksiyonlarını geri kazanamadıkları görülmüştür (55).

Kortikosteroidlerin tartışmalı kullanımı

Son 20 yılda beşeri ve veteriner hekimlik alanlarında yapılan klinik araştırmalara rağmen akut omurilik yaralanmalarında kortikosteroid kullanımı tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Akut omurilik yaralanmasında kortikosteroidlerin başlıca faydaları, serbest radikallerden arındırma özellikleri, antiinflamatuvar etkileri ve omurilik kan dolaşımının korunmasıdır (56,57). Endojen antioksidanların göreceli eksikliği ve hücre zarlarının bolluğu nedeniyle merkezi sinir sistemi, serbest radikal hasarına karşı oldukça hassastır. Kortikosteroidler, fosfolipaz A2 enziminin inhibisyonu yoluyla araşidonik asit kaskadını inhibe ederek inflamatuvar mediatörlerin oluşumunu önler. Metilprednizolon, akut omurilik yaralanmasında en kapsamlı şekilde çalışılan kortikosteroid olmuştur. Klinik araştırmalar, metilprednizolonun temel faydasının serbest radikal temizleyici etkileriyle ilişkili olduğunu ve bu etkilerin hem prednizon hem de deksametazon ile sağlanmadığı görülmüştür (57,58,59). Metilprednizolonun yaralanmadan sonraki ilk 8 saat içerisinde uygulanmasının faydalı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Bu zaman diliminde tedavi edilen hastalarda bir yıl boyunca motor ve duyu skorlarında iyileşmenin devam ettiği anlaşılmıştır. Ancak bu hastalarda gözlenen fonksiyonel iyileşmelerin derecesinin minimal olduğu ve klinik çalışmalar, metilprednizolonun 8 saat sonra uygulanmasının, pnömoni ve sepsis riskinin artması gibi komplikasyonlarla daha kötü sonuçlara yol açtığını göstermiştir. Yüksek dozda glukokortikoidlerle ilişkili diğer zararlı etkiler arasında gastrointestinal ülserasyon, yara enfeksiyonuna veya diğer ikincil enfeksiyonlara yatkınlıkla birlikte immün baskılanma, hiperglisemi, akut adrenal yetmezlik, hastanede geçirilen gün sayısında artış ve yara iyileşmesinde bozulma yer almaktadır (10,60,61,62).

Veteriner hekimlikte akut omurilik yaralanmalarında metilprednizolon kullanımını destekleyen yeterli veri bulunmamaktadır. Sınırlı çalışmalar, yüksek dozda metilprednizolonun klinik iyileşmelerde kanıtlanmış bir etkisini göstermemiştir ve bu nedenle genel tedavi standardı olarak kabul edilmemektedir. Yüksek dozda metilprednizolonun tartışmalı kullanımı nedeniyle, akut omurilik yaralanmasının tedavisinde etkili olabilecek tedaviler geliştirmek amacıyla hem insan hem de veteriner hekimliğinde çok sayıda çalışmaya ihtiyaç vardır (63).

5. Cerrahi Tedavi Hedefleri ve Teknikleri

Omurganın dekompresyonu ve uygun stabilizasyonu, cerrahi olarak vertebral kırık ve luksasyon tedavisinin ana hedefidir; çünkü bu uygulamalar, omurilik ve kırık iyileşmesine ve luksasyonların fibrozisine olanak tanımaktadır (2,11).

Vertebra kırıklarında hematoma, travmatik disk ekstrüzyonu veya disloke kemik parçaları nedeniyle omuriliğin kompresyonu meydana gelebilir (9,11). Bu kompresif lezyonlar, ventral slot, laminektomi, hemilaminektomi veya minihemilaminektomi gibi dekompresif cerrahi prosedürlerle tedavi edilebilir (2,15).

Sağlam eklem yüzeylerini korumak, daha fazla mobilizasyondan kaçınmak, vertebral kırık ve luksasyon olgularında dikkat edilmesi gereken noktalar (64,65). Omurilik kompresyonunun doğası, yaralanmanın boyutu ve hastaya özel bulgular, cerrahi planlamaya da yardımcı olan ileri görüntüleme teknikleri (ideal olarak bilgisayarlı tomografi) ile teşhis edilir (6,49,66). Cerrahi planlama ve cerrahi uygulamaları omuriliğin daha fazla hasar görmesini önler ve omuriliğin iyileşmesi için yeterli bir ortam sağlar (9,66,67). Vertebral kırık stabilizasyonunda temel hususlar lokalizasyon, cerrahi yaklaşımın belirlenmesi, (genellikle servikal yaralanmalarda ventral yaklaşım ve torakolumbal yaralanmalarda dorsal yaklaşım) kırık tipleri, tek taraflı veya iki taraflı implant yerleştirme açıları, implant için maksimum kemik alanının elde edilmesi ve implant uygulama alanı açısından implantların seçimidir. Her hastaya özel bir cerrahi planlama için tüm bu faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İmplantasyonun kapsamı yaralanmanın tipine (luksasyon veya kırık) ve instabilite derecesine bağlıdır (4,66,68-70). Doğal olarak stabil bir kırık veya luksasyon için kranial ve kaudal olarak bitişik bir omur yeterli olabilir. Stabil olmayan kırık veya çıkık durumlarında her iki taraftan iki omurun da stabilizasyona dahil edilmesi gerekli olabilir (11,66). Torakolumbal vertebra stabilizasyonları için eksternal fiksator, spinal stapling veya LUBRA plak tekniği önerilmiştir ancak bu tekniklerin etkinliğine ve olası komplikasyonlarına (eksternal fiksator durumunda implant enfeksiyonu veya implant

gevşemesi gibi) ilişkin klinik kanıtlar azdır (69,71-74). Cerrahi öncesi plak uygulama planlaması, vidaların intervertebral disk boşluğuna veya vertebral kanala yanlışlıkla yerleştirilmesini önler. Genç bir hayvanda vertebral luksasyon gibi hızlı ve komplikasyonsuz iyileşmenin beklendiği torakolumbal yaralanma olgularında veya osteomyelitten kaynaklanan patolojik kırık olgularında (75,76) eksternal fiksator veya Kirschner-Ehmer aparatı uygulamaları düşünülebilir (22,71,72,74). Pin uygulamasının floroskopi kılavuzluğunda yapılması daha minimal invaziv bir yöntemdir (74).

Eksternal fiksator avantajı, implantların ikinci bir büyük ameliyata gerek kalmadan çıkarılabilesine bağlıdır. Ancak artan enfeksiyon riskinin dikkatle değerlendirilmesi gerekir (77,78). Eksternal fiksasyon uygulanan hastaların implant çevresinin günlük bakımı yapılmalıdır. Bu durum postoperatif rehabilitasyona sınırlamalar getirebilir. Spinal stapling stabilizasyonu ve LUBRA plak, sabitleme aparatında dorsal vertebra çıkıntılarını kullanan tekniklerdir (69,73).

6. Cerrahi Tedavinin Sonuçları

Vertebrasında kırık veya çıkık şikayetiyle gelen derin ağrı duyumu pozitif olan hastalarda cerrahi tedavi sonrası %80-90 başarı bildirilmiştir. Tedavi için farklı stabilizasyon yöntemleri tercih edilebilir ve bu tamamen cerrahin seçimine, set envanterine ve hastanın durumuna bağlıdır. Tam bir klinik iyileşme olmasa bile, fonksiyonel iyileşme sağlanan hayvanlar evlerinde daha rahat bir şekilde yaşamlarına devam edebilirler (66,68-70,79). Bununla birlikte, servikal omurga kırıklarında perioperatif mortalite riski daha fazla olabilir (70,80). Hawthorne ve arkadaşları (20) tarafından yapılan bir çalışmada perioperatif mortalite oranı %36'ya ulaşmışken, Schmidli ve arkadaşları (70) tarafından yapılan bir çalışmada sadece aksis kırıklarında ameliyata bağlı mortalite oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Selcer ve arkadaşlarının (66) çalışmasında, cerrahi tedavi gören grupta hastanede geçirilen sürenin iki kat daha uzun olmasına rağmen, optimal nörolojik iyileşme süresinin medikal tedavi gören hastalara göre daha kısa olduğu görülmüştür. Vertebral travmalı hastalarda dekompresyonun zamanlaması tartışmalı olmuştur ancak klinik öncesi çalışmaların, insan klinik çalışmalarının ve aynı zamanda esas olarak intervertebral disk herniasyonlarına ilişkin veterinerlik çalışmalarının kritik bir meta-analizi, hızlı dekompresyonun sonuçları iyileştirdiği ve hayatta kalma oranlarının iyileşmesiyle ilişkili olduğu sonucuna varmıştır (20,81). Bununla birlikte, bu bulguyu vertebral kırık ve çıkık olgularına dönüştürürken, hayati risklerin yanı sıra çok aceleci anestezi indüksiyonu nedeniyle kan basıncında hasar verici bir düşüşe neden olma riskinin dikkate alınması kritik öneme sahiptir (11,50,82).

7. Cerrahi Yaklaşımın Ana Komplikasyonları

Omurilikte, sinir köklerinde, damarlarda veya intervertebral diskte iyatrojenik yaralanma, ameliyat sırasında dikkate alınması gereken başlıca potansiyel komplikasyonlardır (4,11). İmplantla ilgili komplikasyonlar arasında uygunsuz implant boyutu veya uygulama hataları, zayıf kemik tutma özellikleri veya aşırı hasta hareketliliğinin bir sonucu olarak implantın gevşemesi ve başarısızlığı yer alır (66,68,69). Aynı zamanda cerrahi bölgenin enfeksiyonu da dikkate alınmalıdır (83). Bunun implant kontaminasyonundan kaynaklanma olasılığı daha düşük olsa da bakterilerin hematogen yayılımından kaynaklanabilir (84).

Perioperatif antimikrobiyallerin uygun kullanımı deriden kontaminasyon riskini azaltır (85). Antimikrobiyal tedaviye başlamadan önce rutin olarak bakteri kültürü ve antibiyogram alınmalıdır. Dokular arası boşluğun titizlikle kapatılmasına rağmen seroma oluşumu meydana gelebilir. Çoğu durumda sıcak kompresler ile zamanla düzelmektedir. Ancak iyatrojenik kontaminasyon olasılığı nedeniyle seromaların tekrarlanan aspirasyonundan kaçınılmalıdır (66).

8. Postoperatif Bakım Süreci

Omurilik yaralanmasından muzdarip olan hastaların, postoperatif yönetimi için başlıca hususlar, yeterli analjezi sağlamak, uzun süreli yatmaya bağlı olarak gelişebilecek komplikasyonları en aza indirmek (örn. dekübit

yaraları ve pnömoni) ve mesanenin yönetimidir. Uzun süreli yatmaya bağlı olarak gelişebilecek komplikasyonlardan kaçınmak için kaldırma aparatları kullanılarak hastanın düzenli olarak hareket ettirilmesi ve döndürülmesi sağlanır. Yatan hastaların düzenli olarak döndürülmesi (her 2-4 saatte bir), yatak yaralarından kaçınmanın yanı sıra potansiyel pnömoni riskini azaltmaya yardımcı olabilir. Beslenme ile birlikte bakım da önemlidir. Hayvanlar sterno-abdominal pozisyonda beslenmeli, mümkünse oturma veya ayakta durma pozisyonuna gelmelerine yardım edilmeli ve potansiyel mama ve su aspirasyonunu önlemek için büyük özen gösterilmelidir. Anoreksi gelişirse veya yüz/çene yaralanmaları yemek yemeyi imkansız hale getirirse, beslenme tüpü yerleştirilmesi düşünülmelidir (86,87).

Mesane boşaltma sorunu yaşayan hastaların yönetimi birkaç yolla sağlanabilir. Özellikle 1. ve 3. sakral omurlar veya sinir köklerinin hasar görmesinin ardından görülen 'alt motor nöron' mesanesi durumunda, manuel boşaltma (ekspresyon) mümkün olabilir. Bu gibi durumlarda sfinkter ve detrüsör kas tonusu kaybı olur ve manuel olarak mesanenin boşaltımı nispeten kolay olabilir. Bununla birlikte, genellikle idrar kaynaklı yaralar ve yatmayla ilişkili yumuşak doku yönetimi problemlerinin şiddetlenmesine yol açabilen, önemli miktarda idrar kaçağı gelişir. Kalıcı bir üriner kateterin yerleştirilmesi, L4 spinal segmentlerinin kranial omurilik lezyonlarında (yani servikal, torakolumbal ve lumbal omurilik segmentlerin çoğunluğu) gözlemlendiği gibi, 'üst motor nöron' mesanesi yaralanmaları olan birçok olguyu yönetmenin en iyi yolu olabilir. Bu gibi olgularda üretral sfinkter, mesanenin boşaltılmasına karşı dirençli hale gelir. Yukarıda belirtilen nedenlerle, özellikle rehabilitasyonun erken evrelerinde, üst motor nöron problemine bağlı mesane problemi olan olgularda kalıcı idrar sondası ile olgunun yönetimi basitleşebilir. İdrar sondaları bükülebileceği veya tıkanabileceği için idrar çıkışını izlemek her zaman önemlidir. Kalıcı bir üriner kateter yerleştirilirse, zamanla kaçınılmaz olarak önemli bir idrar yolu enfeksiyonu geliştirme riski vardır. Ancak bir çalışma bu riskin manuel boşaltma veya tekrarlayan sert kateterizasyondan daha fazla olmadığını bulmuştur (87).

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların herhangi bir çıkar çatışması beyanı bulunmamaktadır.

Finansal Kaynak Beyanı

Çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Kurtuluş PARLAK

Denetleme/Danışmanlık: Kurtuluş PARLAK

Veri analizi ve yorum: Hilmican ERGİN

Kaynak taraması: Hilmican ERGİN, Sena YAZICI, Kurtuluş PARLAK

Makalenin yazımı: Hilmican ERGİN, Sena YAZICI, Kurtuluş PARLAK

Eleştirel inceleme: Kurtuluş PARLAK

Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

Kaynaklar

1. McKee WM. Spinal trauma in dogs and cats: a review of 51 cases. *Vet Rec.* 1990;126:285-9.
2. Olby N, Levine J, Harris T, Muñana K, Skeen T, Sharp N. Long-term functional outcome of dogs with severe injuries of the thoracolumbar spinal cord: 87 cases (1996-2001). *J Am Vet Med Assoc.* 2003;6:762-9.
3. Marioni-Henry K, Vite CH, Newton AL, Van Winkle TJ. Prevalence of diseases of the spinal cord of cats. *J Vet Intern Med.* 2004;18: 851-8.
4. Bruce CW, Brisson BA, Gyselinck K. Spinal fracture and luxation in dogs and cats: a retrospective evaluation of 95 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2008;21:280-4.
5. Bali MS, Lang J, Jaggy A et al. Comparative study of vertebral fractures and luxations in dogs and cats. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2009;22:47-53.
6. Hettlich BF, Fosgate GT, Levine JM et al. Accuracy of conventional radiography and computed tomography in predicting implant position in relation to the vertebral canal in dogs. *Vet Surg.* 2010;39:680-687.
7. Besalti O, Ozak A, Tong S. Management of spinal trauma in 69 cats. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 2002;109:315-20.
8. Park EH, White GA, Tieber LM. Mechanisms of injury and emergency care of acute spinal cord injury in dogs and cats. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2012;22:160-78.
9. Olby N. The pathogenesis and treatment of acute spinal cord injuries in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2010;40:791-807.
10. Kube SA, Olba N. Managing acute spinal injuries. *Compend Con tin Educ Pract Vet* 2008;30:496-504.
11. Jeffery ND. Vertebral fracture and luxation in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2010;40:809-828.
12. Tator CH, Fehlings MG. Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with emphasis on vascular mechanisms. *J Neurosurg.* 1991;75:15-26.
13. Krassioukov A, Claydon VE. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: an overview. *Prog Brain Res.* 2006;152:223-229.
14. Jeffery ND, Blakemore WF. Spinal cord injury in small animals 1. Mechanisms of spontaneous recovery. *Vet Rec* 1999;144:407-413.
15. Olby N. Current concepts in the management of acute spinal cord injury. *J Vet Intern Med.* 1999;13(5):399-407.
16. Edward I, Freeman PM. Neurological Emergencies. In: Edward I, Freeman PM editors. *A Practical Approach to Neurology for the Small Animal Practitioner.* Oxford, UK. Jhon Wiley & Sons; 2006. p. 329-71.
17. Turner WD. Fractures and fracture-luxations of the lumbar spine: a retrospective study in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1987; 459.
18. Ganie FA, Lone H, Lone GN et al. Lung contusion: a clinico-pathological entity with unpredictable clinical course. *Bull Emerg Trauma.* 2013;1(1):7-16.
19. Murphy LA, Nakamura RK. Chapter 61: myocarditis. In: *Textbook of Small Animal Emergency Medicine.* Hoboken; 2019. p. 385-387.
20. Hawthorne J, Blevins W, Wallace L, Glickman N, Waters D. Cervical vertebral fractures in 56 dogs: a retrospective study. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1999;35:135-146.
21. Penderis J. Spinal cord injury in the dog: features of the neurological examination affecting prognosis. Presented at 33rd Congress of World Small Animal Veterinary Association proceedings; 2008 August 20-24; Dublin, Ireland.
22. Grasmueck S, Steffen F. Survival rates and outcomes in cats with thoracic and lumbar spinal cord injuries due to external trauma. *J Small Anim Pract.* 2004;45:284-288.
23. Full AM, Heller HLB, Mercier M. Prevalence, clinical presentation, prognosis, and outcome of 17 dogs with spinal shock and acute thoracolumbar spinal cord disease. *J Vet Emerg Crit Care.* 2016;26(3):412-418.

24. Smith PM, Jeffery ND. Spinal shock—comparative aspects and clinical relevance. *J Vet Intern Med.* 2005;19:788–793.
25. Negrin A, Negrin L, Cherubini GB. Spinal shock in dogs and humans: clinical and comparative findings. *Companion Anim.* 2018;23: 523–526.
26. McGuire L, Heffner K, Glaser R et al. Pain and wound healing in surgical patients. *Ann Behav Med.* 2006;31(2):165–172.
27. Nussbaumer I, Zimmermann W, Peterbauer C. Anaesthesia of pigs with a combination of romifidine, butorphanol and ketamine. *Veterinary Record.* 2008;163:720-721.
28. Taylor PM, Kirby JJ, Robinson C, Watkins EA, Clarke DD, Ford MA, Church KE. A prospective multi-centre clinical trial to compare buprenorphine and butorphanol for postoperative analgesia in cats. *J Feline Med Surg.* 2010;12:247-255.
29. Horn C. Anestezi ve Perioperatif Multimodal Sağaltım. In: *Küçük Hayvan Cerrahisi.* (4. Baskı); Deniz Seyrek (ed), Medipres; 2017. p. 131-153.
30. Schumacher M, Fukuda K. Opioids. In: Michael Gropper, Lars Eriksson, Lee Fleisher, Jeanine Wiener-Kronish, Neal Cohen, Kate Leslie editors. *Miller’s Anesthesia.* 9th ed. Holland: Elsevier Miller’s Anesthesia; 2019. p. 680-741.
31. Pascoe PJ. Opioid analgesics. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2000;30:757–772.
32. Mathews K, Kronen PW, Lascelles D et al. Guidelines for recognition, assessment and treatment of pain, WSAVA Global Pain Council members and co-authors of this document. *J Small Anim Pract.* 2014;55:10–68.
33. Diaz FA, Bianco JA, Bello A et al. Effects of ketamine on canine cardiovascular function. *Br J Anaesth* 1976;48:941–946.
34. Suleiman Z, Ik K, Bo B. Evaluation of the cardiovascular stimulation effects after induction of anaesthesia with ketamine. *J West Afr Coll Surg.* 2012;2:38–52.
35. Quandt J. Analgesia, anesthesia, and chemical restraint in the emergent small animal patient. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2013;43:941–953.
36. Zeiler FA, Teitelbaum J, West M, Gillman LM. The ketamine effect on ICP in traumatic brain injury. *Neurocrit Care.* 2014;21:163–173.
37. Shaffran N. Constant-rate infusions for pain and anxiety in dogs and cats. Presented at 38th World Small Animal Veterinary Association World Congress proceedings; 2013 March 6-9; Auckland, New Zealand.
38. Mathews K. Perioperative use of nonsteroidal anti-inflammatory analgesics. Presented at 26th Congress World Small Animal Veterinary Association proceedings; 2001 August 8-11; Vancouver, British Columbia.
39. Bagley RS. Spinal fracture or luxation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2000;30:133–153.
40. Lewis RE. Roentgen signs of the spine. *Vet Clin North Am.* 1974;4:647–661.
41. Dennis R. Radiographic examination of the canine spine. *Vet Rec.* 1987;121:31–35.
42. Sande RD. Radiography, myelography, computed tomography, and magnetic resonance imaging of the spine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1992;22(4):811–831.
43. Loughin CA, Marino DJ. Atlantooccipital overlap and other craniocervical junction abnormalities in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2016;46:243–251.
44. Kinns J, Mai W, Seiler G et al. Radiographic sensitivity and negative predictive value for acute canine spinal trauma. *Vet Radiol Ultrasound.* 2006;47:563–570.
45. Griffen MM, Frykberg ER, Kerwin AJ et al. Radiographic clearance of blunt cervical spine injury: plain radiograph or computed tomography scan? *J Trauma.* 2003;55:222–226.
46. Mann FA, Cohen WA, Linnau KF, Hallam DK, Blackmore CC. Evidence-based approach to using CT in spinal trauma. *Eur J Radiol.* 2003;48:39–48.
47. Sundgren PC, Flanders AE. Acute spinal trauma. In: Hodler J, von Schulthess GK, Zollikofer L, editors. *Diseases of the brain, head and neck, spine 2012–2015.* Italy: Springer; 2012. p. 167–172.

48. Johnson P, Beltran E, Dennis R, Taeymans O. Magnetic resonance imaging characteristics of suspected vertebral instability associated with fracture or subluxation in eleven dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2012;53:552–559.
49. Gallastegui A, Davies E, Zwingenberger AL et al. MRI has limited agreement with CT in the evaluation of vertebral fractures of the canine trauma patient. *Vet Radiol Ultrasound*. 2019;60:533–542.
50. DiFazio J, Fletcher D. Updates in the management of the small animal patient with neurologic trauma. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2013;43:915–940.
51. Nickel R, Schummer A, Seiferle E. Midollo spinale. In: Giuseppe Aureli, Ubaldo Filotto, Bruno Ferrandi, Sergio Lørvik editors. *Trattato di anatomia degli animali domestici*. Vol 4. Milano: Casa Editrice Ambrosiana; 1988. p. 27–52.
52. Sturgess B, LeCouteur RA. Spinal fractures and luxations. In: Slatter D, ed. *Textbook of small animal surgery*. 3rd edn. Philadelphia: Elsevier Science; 2003. p. 1244–60.
53. O'Brien D. Neurogenic disorders of micturition. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1988;18:529–44.
54. Tatton B, Jeffery N, Holmes M. Predicting recovery of urination control in cats after sacrocaudal injury: a prospective study. *J Small Anim Pract* 2009;50:593–96.
55. Smeak DD, Olmstead ML. Fractures/luxations of the sacrococcygeal area in the cat: a retrospective study of 51 cases. *Vet Surg*. 1985;14:319–24.
56. Fletcher DJ, Dewey CW. Spinal trauma management. In: Dewey CW. ed. *A Practical Guide to Canine and Feline Neurology*. UK: Ames: Iowa State University Press; 2003. p. 405–417.
57. Platt S, Abramson C, Garosi L. Administering corticosteroids in neurologic disease. *Compend Contin Educ Pract Vet*. 2005;27:210–220.
58. Hall ED. The neuroprotective pharmacology of methylprednisolone. *J Neurosurg*. 1992;76:13–22.
59. Hall ED, Yonkers PA. Lack of effect of post-injury treatment with methylprednisolone or tirilzad mesylate on the increase in eicosanoid levels in the acutely injured cat spinal cord. *J Neuro trauma*. 1995;12:245–256.
60. Bracken MB, Shepard MJ, Holford TR, et al. Methylprednisolone or tirilzad mesylate administration after acute spinal cord injury: 1-year follow up. Results of the third National Acute Spinal Cord Injury randomized controlled trial. *J Neurosurg*. 1998;89:699–70.
61. Fletcher D. Steroids in spinal cord injury: the evidence. In: *Pro ceedings of the International Veterinary Critical Care Symposium*. USA.: 2005. p. 499–505.
62. Harish S, Lecamwasam, MD, Hemanth A, et al. Acute adrenal insufficiency after large-dose glucocorticoids for spinal cord injury. *Anesth Analg*. 2004;99:1813–1814.
63. Coates JR, Sorjonen DC, Simpson ST, et al. Clinicopathologic effects of a 21-aminosteroid compound (U74389G) and high-dose methylprednisolone on spinal cord function after simulated spinal cord trauma. *Vet Surg*. 1995;24:128–139.
64. Walter MC, Smith GK, Newton CD. Canine lumbar spinal internal fixation techniques a comparative biomechanical study. *Vet Surg*. 1986;15:191–198.
65. Jaumard NV, Welch WC, Winkelstein BA. Spinal facet joint biomechanics and mechanotransduction in normal, injury and degenerative conditions. *J Biomech Eng*. 2011;133(7):71010.
66. Selcer RR, Bubb WJ, Walker TL. Management of vertebral column fractures in dogs and cats: 211 cases (1977- 1985). *J Am Vet Med Assoc*. 1991;198:1965-8.
67. Shores A. Fractures and luxations of the vertebral column. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1992;22:171–180.
68. Blass CE, Seim HB. Spinal fixation in dogs using steinmann pins and methylmethacrylate. *Vet Surg*. 1984;13:203–210.
69. Krauss MW, Theyse LFH, Tryfonidou MA, Hazewinkel HAW, Meij BP. Treatment of spinal fractures using Lubra plates. A retrospective clinical and radiological evaluation of 15 cases. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2012;25:326–331.
70. Schmidli F, Stein V, Aikawa T et al. Fractures of the second cervical vertebra in 66 dogs and 3 cats: a

- retrospective study. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2019;32:200–206.
71. Walker TM, Pierce WA, Welch RD. External fixation of the lumbar spine in a canine model. *Vet Surg.* 2002;31(2):181–188.
 72. Lanz OI, Jones Jeryl C, Robert B. Use of an external fixator to correct spinal fracture/luxation and instability in three dogs. *Vet Neurol Neurosurg.* 2003 McKee WM. Spinal trauma in dogs and cats: a review of 51 cases. *Vet Rec.* 1990;126:285–289.
 73. Voss K, Montavon PM. Tension band stabilization of fractures and luxations of the thoracolumbar vertebrae in dogs and cats: 38 cases (1993-2002). *J Am Vet Med Assoc.* 2004;225:78–83.
 74. Wheeler SJ, Sharp NJ. Trauma. In: *Small animal spinal disorders, diagnosis and surgery.* Second ed. China. Elsevier; 1994. p. 8-14.
 75. Arzi H, Levinkopf M, Caspi I, Arnold PM. External fixation of the spine: surgical salvage option for complex spinal infections. *Surg Technol Int.* 2010;19:223–228.
 76. Brocal J, Del Río FR, Feliu-Pascual AL. Diagnosis and management of lumbar *Aspergillus* spp. discospondylitis using intraoperative cytology and external stabilization in a dog with disseminated infection. *Open Vet J.* 2019;9(3):185–189.
 77. Egger EL. Complications of external fixation: a problem-oriented approach. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1991;21:705–733.
 78. Beever L, Giles K, Meeson R. Postoperative complications associated with external skeletal fixators in cats. *J. Feline Med Surg.* 2017;19:727–736.
 79. Yayla S, Altan S, Çatalkaya E, Ersöz Kanay B, Saylak N, Kılınç M. Retrospective Evaluation of Spinal Trauma Treatments in 58 Cats and 12 Dogs. *ijvar [Internet].* 2023 Mar. 25 [cited 2024 May 26];6(1):23-7.
 80. Beal MW, Paglia DT, Griffin GM, Hughes D, King LG. Ventilatory failure, ventilator management, and outcome in dogs with cervical spinal disorders: 14 cases (1991- 1999). *J Am Vet Med Assoc.* 2001;218:1598–1602.
 81. Furlan JC, Noonan V, Cadotte DW, Fehlings MG. Timing of decompressive surgery of spinal cord after traumatic spinal cord injury: an evidence-based examination of pre-clinical and clinical studies. *J Neurotrauma.* 2011;28:1371–1399.
 82. Fehlings MG, Wilson JR, Tetreault LA et al. A clinical practice guideline for the management of patients with acute spinal cord injury: recommendations on the use of methylprednisolone sodium succinate. *Glob Spine J.* 2017;7:203–211.
 83. Orgonikova, Ivona, et al. Vertebral fractures and luxations in dogs and cats part 2: treatment and surgery options. *Companion Animal.* 2021; 26.3: 15-19.
 84. Cabassu J, Moissonnier P. Surgical treatment of a vertebral fracture associated with a haematogenous osteomyelitis in a dog. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2007;20:227–230.
 85. Shaffer WO, Baisden JL, Fernand R, Matz PG. North American Spine Society. An evidence-based clinical guideline for antibiotic prophylaxis in spine surgery. *Spine J.* 2013;13:1387-92.
 86. Fingerroth JM, William BT. Medical management and nursing care for the paralyzed patient. In: Fingerroth JM and William BT editors. *Advances in Intervertebral Disc Disease in Dogs and Cats.* Wiley-Blackwell; 2015; 208-214.
 87. Bubenik L, Hosgood G. Urinary tract infection in dogs with thoracolumbar intervertebral disc herniation and urinary bladder dysfunction managed by manual expression, indwelling catheterization or intermittent catheterization. *Vet Surg.* 2008;37:791–800.



VETERİNER HEKİMLER DERNEĞİ DERGİSİ YAYIM KOŞULLARI

1. Dergi, Veteriner Hekimler Derneğinin yayın organı olup, yılda iki kez (Ocak ve Haziran) yayımlanır. Derginin kısaltılmış resmi adı “**Vet Hekim Der Derg**”dir.
 2. Derginin yayım dili Türkçe veya İngilizce’dir.
 3. Dergide, tamamı daha önce başka bir yerde yayımlanmamış güncel konulara ilişkin özgün bilimsel araştırmalar, derlemeler, olgu sunumları ve kısa bilimsel çalışmalar yayımlanır. Derleme niteliğindeki çalışmalar, ilgili bilim insanlarından davet usulü ile talep edilir.
 4. Dergide yayımlanmak üzere gönderilen makaleler Editörler Kurulunca değerlendirilerek konu ile ilgili hakemlere gönderilir. Hakemlerin görüşü alındıktan sonra önerilen değişiklik ve düzeltmelerin yapılması için makale yazarı/yazarlarına geri gönderilir; düzeltmeler yapıldıktan sonra yayımlanır. Hakemlerin önerileri dışında makalelerde sonradan ekleme ve çıkartma yapılamaz.
 5. **Dergide yayımlanması istenen yazılar uygun formata göre hazırlanmış "şablon"a göre düzenlenmelidir. İlgili makale formatına göre hazırlanan şablonlar “<https://dergipark.org.tr/pub/vetheder>” adresinden indirilebilir. Yazar; Dergide yayımlanması istenen yazıyı ilgili şablonu kullanarak uygun formata getirdikten sonra Dergipark sistemini kullanarak 1 Tam metin, 1 Ek makale dosyası ile 1 Etik Beyanname formu , 1 Yayın Hakkı Bilgilendirme ve Yazar Katkı Beyanı olmak üzere toplam 4 dosya yükleyecektir. Belirtilen makale dosyalarının sisteme ne şekilde yükleneceği ile ilgili bilgilere dergi web sitesi üzerinden erişilebilir (<https://dergipark.org.tr/pub/vetheder/writing-rules>).**
 6. Yazıların tamamı, şekil ve tablolar dâhil olmak üzere orijinal bilimsel araştırmalarda ve derlemelerde **15**, kısa bilimsel çalışmalarda **10**, olgu sunumlarında **8** sayfayı geçmemelidir.
 7. Makalenin başlığı kısa ve açık olmalı; ilk sözcüğün başlangıcı büyük, diğerleri küçük harflerle olacak şekilde, yazılmalıdır (“Köpek ve kedilerde uterus patolojileri” gibi). Varsa çalışmaya ilişkin açıklama dipnot işareti ile gösterilmelidir.
 8. Yazar/yazarların, ad ve soyadları makale başlığının altına yazılmalıdır; adresleri ve unvanları ilk sayfada dipnot şeklinde belirtilmelidir. Yazarların ORCID numaralarını belirtmeleri zorunludur.
 9. Özet, makalenin önemli noktalarını içerecek tarzda kısa ve açık olmalıdır. Türkçe Özet, en az 150, en fazla 250 sözcük olmalıdır. Anahtar sözcükler MeSH (Medical Subject Headings) terimlerine uygunluk açısından Türkiye Bilim Terimleri’nden seçilmeli ve en az 3, en fazla 5 adet olacak şekilde alfabetik olarak sıralanmalıdır. Yabancı dilde Özet (Abstract), en az 200, en fazla 300 sözcük olmalıdır. Yabancı dilde anahtar sözcükler MeSH terimlerine uygun olmalı ve en az 3, en fazla 5 adet olacak şekilde alfabetik olarak sıralanmalıdır. Anadili Türkçe olmayan yazarlardan Türkçe özet istenmez.
 10. Giriş bölümünde, çalışma ile doğrudan ilgili kısa literatür bilgisi ve çalışmanın orijinalliği ile ilgili bilgi verildikten sonra, son paragrafta çalışmanın amacı vurgulanmalıdır. Bu bölüm 2 sayfayı geçmemelidir.
 11. Gereç ve Yöntem, gereksiz ayrıntıya girilmeden, öz ve anlaşılır biçimde yazılmalıdır. Etik kurul izni gerekli ise mutlak suretle belirtilmelidir. (Kurum, Tarih, sayı numarası ile)
 12. Bulgular bölümünde, veriler kısa bir şekilde açıklanmalıdır. Tablolarda verilen bulguların metinde tekrarından kaçınılmalıdır. İstatistik analiz sonuçlarının gösteriminde P değerleri tam olarak raporlanmalıdır. P değeri için virgülden sonra 3 hane, tanımlayıcı istatistiklerin raporlanmasında ise virgülden sonra 2 hane yeterlidir. Anadili Türkçe olan makaleler için ondalık ayraç olarak virgül (,), İngilizce olanlar için ise nokta (.) kullanılmalıdır.
 13. Bölüm başlıkları sola yaslı biçimde, kalın yazı karakteri ile sözcüklerin ilk harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır. İkinci derecedeki alt başlıklar sola dayalı olarak kalın yazı karakteri ile sadece ilk harf büyük olacak şekilde küçük harflerle yazılmalıdır. Üçüncü derecedeki başlıklar ise paragraf başında yer almalı ve italik olarak sadece ilk harf büyük olacak şekilde küçük harflerle yazılmalıdır (Bkz. Şablon).
 14. Tablo ve şekil başlıkları, Türkçe ve yabancı dilde dergi formatı dikkate alınarak yazılmalıdır. Başlıkların tabloyu yeterli düzeyde açıklayıcı olmasına özen gösterilmelidir. Tablolarda dikey çizgi kullanımından kaçınılmalıdır. Yatay çizgiler ise gerektiğinde yalnızca tablonun ilk satırı ve son satırından sonra kullanılabilir.
 15. Yazarlar her bir bilimsel kısaltmanın açılımını metinde ilk geçtiği yerde açıklamalıdır. Latince cins ve tür isimleri italik yazı tipi ile yazılmalıdır. Tüm ölçüler SI (Système Internationale)’ye göre verilmelidir.
 16. Tartışma ve Sonuç bölümünde, veriler literatür bilgilerinin ışığında tartışılmalı ve yorumlanmalıdır.
 17. Kaynakça gösteriminde Vancouver stili kullanılmalıdır. Kaynakça gösterimi ile ilgili detaylara aşağıda yer verilmiştir. (Dergi yazım kuralları ile uyumlu Endnote stili, dergi web sitesinden indirilebilir)
- Metninizde atıfta bulunulan her eser, alıntı sırasına göre atanan benzersiz bir numaraya sahip olmalıdır. Metin içerisinde örnek kaynak gösterimi: Metninizde bir esere birden fazla atıf yapıyorsanız, aynı atıf numarası kullanılmalıdır. Numarayı parantez içinde yazabilirsiniz. Aynı cümle içinde birkaç eserden alıntı yapmak istiyorsanız, her eser için atıf numarasını eklemeniz gerekecektir. Kapsayıcı sayıları bağlamak için kısa çizgi ve sayıların ardışık olmadığı durumlarda virgül kullanılmalıdır.*
- Aşağıda 6, 7, 8, 9, 13 ve 15 numaralı eserlere metin içinde aynı yerde atıfta bulunulan bir örnek verilmiştir:*

"Daha önce yapılan çalışmalarda (6-9,13,15), kanatlılarda prebiyotiklerin büyüme performansına etkisine ilişkin bilgi verilmiştir."

Yazarın adını metninizde kullanabilirsiniz, ancak alıntı numarasını da girmelisiniz.

Ör. "Watkins ve ark. (2), yaptıkları çalışmada, FOS'un broilerlerde büyüme performansına anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir."

Bazı kitaplar farklı yazarlar tarafından yazılmış bölümler içerebilir. Böyle bir kitaptan esere atıf yapılırken kitabın editörüne değil, bölümü yazan yazara atıfta bulunulmalıdır.

Kaynaklar kısmında gösterim: Çok yazarlı çalışmalarda yazar adlarının arasına sadece virgül konulmalıdır.

Kaynaklar atfın metin içerisindeki ilk yapıldığı dizin dikkate alınarak sıralanmalı ve numaralandırılmalıdır.

Kaynak yazımında yazar adları ve konu başlığı normal yazı tipi ile yazılmalıdır. Yazar Soyisimlerinin ilk harfi büyük sonraki harfleri küçük, isimlerin ise yalnızca başharfleri arada nokta olmaksızın büyük harfle yazılmalıdır. Dergi adlarının kısaltılması kullanılmalı ve dergilerin kısaltılmış adlarında "Periodical Title

Abbreviations: By Abbreviation"ın son baskısı esas alınmalıdır. Dergi kısaltması içinde nokta kullanılmamalıdır. Kaynakta belirtilen yazar isimlerinin tamamı verilmeli, yalnızca 6'dan fazla yazar varsa sonraki yazarlar için et al. veya ve ark. şeklinde kısaltma kullanılmalıdır.

Çeşitli kaynak gösterimlerine örnekler

Eğer kaynak, bilimsel bir dergide yayınlanmış bir çalışma ise:

Kasperowicz A, Michalowski T. Assessment of the fructanolytic activities in the rumen bacterium Treponema saccharophilum strain S. J Appl Microbiol 2002;92:140-146.

Christy RC, Thirunavukkarasu M. Emerging importance of animal health economics: A note. Turk J Vet Anim Sci 2006;2(3):113-117.

Russell FD, Coppell AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human kidney as a food ingredient. Biochem Pharmacol 1998;55:697-701.

Kaynak, kitap ise:

Lodish H, Baltimore D, Berk A, Zipursky SL, Matsudaira P, Darnell J. Molecular cell biology. 3rd ed. New York: Scientific American; 1995.

Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, Wilson JD, Martin JB, Kasper DL, et al, editors. Harrison's principles of internal medicine. 14th ed. New York: McGraw Hill, Health Professions Division; 1998.

Kaynak kitaptan bir bölüm ise:

Porter RJ, Meldrum BS. Antiepileptic drugs. In: Katzung BG, editor. Basic and clinical pharmacology. 6th ed. Norwalk (CN): Appleton and Lange; 1995. p. 361-80.

Kaynak bir bildiri ise:

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

Kaynak internette yer alıyor ise erişim tarihi ile yazılmalıdır:

Morse SS. Factors in the emergence of infectious disease. Emerg Infect Dis [serial online] 1999 Jan-Mar [cited 1999 Dec 25]; 1(1):[24 screens]. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/ncidoc/EID/eid.htm>

Garfinkel PE, Lin E, Goering P. Should amenorrhoea be necessary for the diagnosis of anorexia nervosa? Br J Psych [serial online] 1996 [cited 1999 Aug 17]; 168(4):500-6. Available from: URL:<http://biomed.niss.ac.uk>

National Organization for Rare Diseases [Online]. 1999 Aug 16 [cited 1999 Aug 21]; Available from: URL:<http://www.rarediseases.org/>

18. Yazışma adresi, çalışmada şablon içerisinde verilen kısımda yer almalıdır. Çok yazarlı çalışmalarda yazarlardan sadece birinin adı, yazışma adresi olarak belirtilmelidir.

19. Veteriner Hekimler Derneği Dergisinde yayımlanacak olan, hayvan deneylerine dayalı bilimsel çalışmalarda "Etik Kurul Onayı Alınmıştır" ifadesi aranır.

20. Araştırmaya konu olan maddelerin ve ürünlerin ticari adları kullanılmamalıdır.

21. Dergide yayınlanan her türlü makalede yer alan ifade veya görüşlerin sorumluluğu yazarlarına aittir. Editörler, Editör Kurulu ve yayıncı bu tür materyaller için herhangi bir sorumluluk kabul etmemektedir.

22. Gönderilen makaleler geliş tarihine göre hakeme gönderilir ve yayım kurulunun aldığı kararla yayımlanır.

23. Makale Veteriner Hekimler Derneği Dergisi tarafından yayımlanmak üzere kabul edilirse, yazar(lar), makalenin Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Uluslararası Lisansı (CC-BY-NC) kapsamında lisanslanacağını kabul eder.

*Yazarlar dergi etik ilke ve yayım politikasına ilişkin bilgilere aşağıdaki bağlantıdan erişebilirler:

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/vetheder/policy>

*Yazarlar Dergi ücret politikasına ilişkin bilgilere aşağıdaki bağlantıdan erişebilirler:

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/vetheder/price-policy>



AUTHOR GUIDELINES / INSTRUCTIONS TO AUTHORS

1. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi (Journal of the Turkish Veterinary Medical Society) is published biannually (January, June) and its abbreviation is "Vet Hekim Der Derg".
 2. The language of the journal is Turkish or English.
 3. The journal publishes original scientific research, reviews, case studies, and short communication studies on current issues not previously published anywhere else. Review studies are requested by invitation.
 4. The Editorial Board decides whether to publish the paper, considering peer reviews, scientific significance, and manuscript quality. Except for the referees' comments, the articles cannot be changed or deleted after acceptance.
 5. **Manuscripts should be prepared using the template given in the web page of the journal (<https://dergipark.org.tr/en/pub/vetheder/writing-rules>) After preparing the manuscript according to the template; the author(s) are expected to upload 4 documents via the Dergipark submission system (1 Full text, 1 Additional manuscript file, 1 Ethical statement file, 1 Copyright Agreement and Authors' Contribution file).**
 6. Manuscripts including figures and tables should not exceed 15 pages for original research articles and review articles, 10 pages for short communications, and 8 pages for case reports.
 7. Manuscript title should be short and clear; the first letter should be in capital letters and the rest in small letters (e.g. "Uterine pathologies in cats and dogs"). If needed, the explanation regarding the study should be indicated as footnotes.
 8. Name and surnames of the authors should be written under the article title; their addresses, ORCID, and titles must be placed on the first page as a footnote.
 9. Abstract should be short, and plain and include the most important parts of the manuscript. The English abstract must be at least 200, at most 300 words. At least 3, at most 5 English keywords should be selected in accordance with MeSH and written alphabetically. Researchers whose native language is not Turkish do not have to write an abstract in Turkish.
 10. The introduction should include the literature reviews related to the study and the aim/s should be indicated in the last paragraph. The introduction should not exceed 2 pages.
 11. Material and methods should be written in a clear and understandable manner without any unnecessary details. If ethical committee permission is required, it should be stated absolutely (with Institution, Date, issue number).
 12. In the results, the data should be shortly explained. Repetition of data given in tables should be avoided. P values should be reported exactly in the display of statistical analysis results. 3 digits after the decimal point are sufficient for the P value, and 2 digits after the decimal point are sufficient for reporting descriptive statistics. For articles whose native language is Turkish, a comma (,) should be used as a decimal separator, and a dot (.) should be used for English-language articles.
 13. Titles must be centered and written boldly with the first letter of each word capitalized. Second-degree subtitles must be left justified with only the first letter capitalized. Third-degree subtitles must be at the beginning of the paragraph and written Italic with only the first letter capitalized.
 14. Table and figure titles must be written both in Turkish and in English. Vertical lines should not be used in the tables. If horizontal is needed, they may only be used under the first and last lines of the table.
 15. Authors must place the extension of abbreviations in the first use of the text. Genus and species names in Latin must be written in Italic. All measurements must be indicated according to Systeme Internationale (SI) units.
 16. In the discussion and conclusion, the data should be interpreted with other study results indicated in the reference list.
 17. Journal uses the Vancouver citation style. Details about how to cite a study are given at <https://dergipark.org.tr/en/pub/vetheder/writing-rules> . You may also download the Endnote style appropriate for this journal using the link above.
- Example of Reference used in the text:** Each piece of work that is cited in your text should have a unique number, assigned in the order of citation. If, in your text, you cite a piece of work more than once, the same citation number should be used. You can write the number in brackets. If you want to cite several pieces of work in the same sentence, you will need to include the citation number for each piece of work. A hyphen should be used to link numbers that are inclusive, and a comma used where numbers are not consecutive.
- The following is an example where works 6, 7, 8, 9, 13, and 15 have been cited in the same place in the text.
- "In previous studies (6-9,13,15) discussed the effect of prebiotics on growth performance in poultry."
- You can use the author's name in your text, but you must insert the citation number as well.
- "Watkins et al. (2) showed in their study that FOS had a significant effect on growth performance in broilers."
- If a work has more than one author and you want to cite author names in your text, use 'et al.' after the first author.

Some books may contain chapters written by different authors. When citing work from such a book, the author who wrote the chapter should be cited, not the editor of the book.

Representation in the references section: Only commas should be placed between the names of the authors in studies with multiple authors. References should be listed and numbered, taking into account the index in which the reference is first made in the text.

In reference writing, the names of the authors and the title of the subject should be written in normal font. The first letter of the Author Surnames should be capitalized, the following letters should be written in lowercase, and only the initials of the names should be written in capital letters without a dot in between. Abbreviations of journal names should be used and the abbreviated names of journals should be based on the latest edition of "Periodical Title Abbreviations: By Abbreviation". The period should not be used in the abbreviation of the journal. All the names of the authors mentioned in the source should be given, only if there are more than 6 authors, et al. or et al. abbreviation should be used.

Example of various references

If the reference is a Journal article:

Kasperowicz A, Michalowski T. Assessment of the fructanolytic activities in the rumen bacterium *Treponema saccharophilum* strain S. *J Appl Microbiol* 2002;92:140–146.

Christy RC, Thirunavukkarasu M. Emerging importance of animal health economics: A note. *Turk J Vet Anim Sci* 2006;2(3):113–117.

Russell FD, Coppel AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human kidney as a food ingredient. *Biochem Pharmacol* 1998;55:697-701.

If the reference is a book:

Lodish H, Baltimore D, Berk A, Zipursky SL, Matsudaira P, Darnell J. *Molecular cell biology*. 3rd ed. New York: Scientific American; 1995.

Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, Wilson JD, Martin JB, Kasper DL, et al, editors. *Harrison's principles of internal medicine*. 14th ed. New York: McGraw Hill, Health Professions Division; 1998.

If the reference is a book chapter:

Porter RJ, Meldrum BS. Antiepileptic drugs. In: Katzung BG, editor. *Basic and clinical pharmacology*. 6th ed. Norwalk (CN): Appleton and Lange; 1995. p. 361-80.

If the reference is a conference paper:

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

If the reference is electronic, it must be written together with the access date;

Morse SS. Factors in the emergence of infectious disease. *Emerg Infect Dis* [serial online] 1995 Jan-Mar [cited 1999 Dec 25]; 1(1):[24 screens]. Available from: URL: <http://www/cdc.gov/ncidoc/EID/eid.htm>

Garfinkel PE, Lin E, Goering P. Should amenorrhoea be necessary for the diagnosis of anorexia nervosa? *Br J Psych* [serial online] 1996 [cited 1999 Aug 17]; 168(4):500-6. Available from: URL:<http://biomed.niss.ac.uk>

National Organization for Rare Diseases [Online]. 1999 Aug 16 [cited 1999 Aug 21]; Available from: URL:<http://www.rarediseases.org/>

18. Address of correspondence should be given at the end of the research. In research with more than one author, only the corresponding author's name should be given as correspondence address.

19. In researches based on animal experiences that are to be published in the Journal of Turkish Veterinary Medical Society should include an approval statement from the Ethical Committee. A copy of Ethical Committee's approval statement might be requested for accepted manuscripts at review stage.

20. The tradenames of products which are subjects of study should not be used.

21. Authors are fully responsible for the article published in the journal.

22. The articles received are subjected to review according to their arrival dates and are published consistent with the decision of the Editorial Board. After the article is published, the rights of publication belong to the journal.

23. If the article is accepted for publication by the Journal of the Veterinary Medical Association, the author(s) agrees that the article will be licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC-BY-NC).

*Authors can access to the ethical principles and publication policy of the journal using the link below: <https://dergipark.org.tr/en/pub/vetheder/policy>

*Authors can access to price policy of the Journal using the link below: <https://dergipark.org.tr/en/pub/vetheder/price-policy>



YAYIN HAKKI BİLGİLENDİRME VE YAZAR KATKI BEYANI

Makale Başlığı

.....
.....
.....
.....
.....

Aşağıda imzası bulunan yazarlar, Veteriner Hekimler Derneği Dergisi'nin ve yayıncının yukarıda adı geçen yazının içeriğinden sorumlu olmadığını kabul ederler.

Telif Hakkı

Aşağıda imzası bulunan yazarlar;

o Gönderilen yazının (metin, tablolar, şekiller, görseller ve ilgili diğer içerik dahil) orijinal olduğu ve kısmen veya tamamen daha önce yayınlanmamış olduğunu,

o Makalenin tamamı veya bir kısmı yayımlanmış ise, Veteriner Hekimler Derneği Dergisi'nde yayınlanması için tüm izinlerin alınmış olduğunu, orijinal telif hakkı formu ve gerekli diğer belgelerin de Veteriner Hekimler Derneği ve tüm ilgililere iletileceğini kabul eder.

o Yazarlar, makalenin başkalarının kişisel veya mülkiyet haklarını ihlal etmediğini garanti eder ve bu yazının içeriğinin sorumluluğunu ve ayrıca yazı ile ilgili diğer tüm yasal sorumlulukları kabul eder.

o Bu formu imzalayan yazarlar, makalenin Veteriner Hekimler Derneği Dergisi tarafından yayınlanmak üzere kabul edilmesi halinde, üçüncü şahısların paylaşmasına ve uyarlamasına izin veren Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC-BY-NC) kapsamında lisanslanacağını kabul ederler. Bu lisans ile orijinal çalışmaya uygun atfı vermek şartıyla, çalışma materyali, yalnızca ticari olmayan amaçlar için kullanılabilir.

Lisansla ilgili daha fazla ayrıntı için aşağıdaki erişim bağlantısını kullanabilirsiniz:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

o Yazarlar, telif hakkı da dahil olmak üzere makalenin tüm patent ve diğer mülkiyet haklarını elinde tutar.

Yazarlık Katkısı

Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, ICMJE'nin aşağıdaki 4 kriteri içeren yazarlığa ilişkin tavsiyelerine bağlı kalmaktadır:

- Çalışma konseptine veya tasarımına önemli katkılarda bulunmak; veya çalışma için verilerin elde edilmesi, analizi veya yorumlanmasında görev almak;
- Çalışmayı hazırlamak veya önemli entelektüel içerik için eleştirel olarak gözden geçirmek;
- Çalışmanın yayınlanacak versiyonunun nihai olarak onaylanması;
- Çalışmanın herhangi bir bölümünün doğruluğu veya bütünlüğü ile ilgili soruların uygun şekilde soruşturulmasını ve çözülmesini sağlamak için çalışmanın tüm yönlerinden sorumlu olma hususunda hem fikir olunması

Tüm yazarlar yukarıda belirtilen ilk 3 kriterde belirtilen koşulları yerine getirmelidir. Belirtilen koşulları yerine getirmeyenler, makalenin "Teşekkür" bölümünde belirtilecektir.

Aşağıda imzası bulunan yazarlar, yukarıda belirtilen hüküm ve koşullara göre yazarlık için uygun olduklarını onaylarlar.

Yazarlık Katkı Türleri

Lütfen aşağıdaki tablonun "Katkı Türü" bölümünü doldururken ilgili numarayı kullanınız.

- Fikir / Kavram; 2. Deney Tasarımı; 3. Denetleme/ Danışmanlık; 4. Veri toplama ve/veya İşleme; 5. Veri analizi ve/veya yorum; 6. Kaynak taraması; 7. Makalenin yazılması; 8. Eleştirel inceleme

Bu form tüm yazarlar tarafından imzalanmalı ve ilk gönderim sırasında diğer makale dosyalarıyla birlikte sisteme yüklenmelidir.

Yazar	Yazarlık Katkısı	İmza	İmza Tarihi
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.



COPYRIGHT AGREEMENT AND ACKNOWLEDGEMENT OF AUTHORSHIP FORM

Title of the manuscript:

.....
.....
.....
.....
.....

The undersigned authors hereby agree that Veteriner Hekimler Derneği Dergisi (*Journal of the Turkish Veterinary Medical Society*) and the publisher have no responsibility over the content of the manuscript titled above.

Copyright

The undersigned authors warrant that;

- The submitted manuscript (including the text, tables, figures, images and any other related content) is original and has not been published before in whole or in part,
- If the manuscript has been published in whole or in part, all permissions were granted for publication in Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, and original copyright form, and other required documents will be forwarded to Veteriner Hekimler Derneği and all relevant persons,
- The authors guarantee that the article does not infringe any personal or property right of others and accept the responsibility for the content of this manuscript and all other legal responsibilities related to the manuscript
- By signing this form, authors agree that the article, if accepted for publication by Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, will be licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercial 4.0 International License (CC-BY-NC) which allows third parties to share and adapt the material for only non-commercial purposes by giving the appropriate credit to the original work.

For further details of the license, please see:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

- Authors retain all patent and other proprietary rights to the article, including copyright.

Authorship

Veteriner Hekimler Derneği Dergisi adheres to the ICMJE recommendations on authorship that contain the following 4 criterias:

- i.Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work;
- ii.Drafting the work or revising it critically for important intellectual content;
- iii.Final approval of the version to be published;
- iv.Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved

All authors must fulfill the conditions specified in the above-mentioned first 3 criteria. Those who do not fulfill the specified number of contributions and conditions are to be mentioned in the "Acknowledgement" section of the article.

The undersigned authors certify that they qualify for the authorship according to the above-mentioned terms and conditions.

Types of Contribution

Please use the related number when filling the "Contribution Type" section of the table below.

1. Motivation / Concept ; 2.Design ; 3. Control/Supervision;
4. Data collection and or Processing; 5. Analysis and/or Interpretation; 6. Literature review; 7. Writing the article;
8. Critical Review

This form should be signed by all authors and submitted during the initial submission with the rest of the manuscript files.

Author	Contribution Type	Signature	Date of Signature
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.



Veteriner Hekimler Derneği Dergisi

Journal of The Turkish Veterinary Medical Society

ETİK BEYAN FORMU / ETHICAL STATEMENT FORM

Ethic Declaration (EN)

In this thesis / research article / case case presentation / invited review article, which was prepared for Veteriner Hekimler Derneği Dergisi (*Journal of Turkish Veterinary Medical Sciences*) ;

- I/We have obtained the data, information and documents in the framework of academic and ethical rules,
- I/We provide all the information, documents, evaluations and results in accordance with scientific ethics and moral codes,
- I/We referred to all of the articles I used in this study with appropriate references,
- I/We have not made any changes to the data used and the results,
- The information and findings specified in this study are original.

I/We declare above mentioned issues and accept all rights losses that may arise against me.

Name of The Author(s) (Title)	Date	Signature

Etik Kurul Raporu & Beyanı: Araştırmada hayvan kullanılmış ise araştırma etik kurul tarafından onaylanmalı ilgili belge çevrimiçi makale değerlendirme sistemine yüklenmelidir. Hayvan kullanılmayan veri toplanarak gerçekleştirilmiş çalışmalar için verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğine ilişkin ilgili kurum&kuruluşlardan alınmış izin belgesi veya etik beyan formunun doldurulması ve sisteme yüklenmesi gerekmektedir.

Ethics Committee Report & Statement: If animals were used in the study, the research should be approved by the ethics committee and the relevant document should be uploaded to the online manuscript evaluation system. For studies carried out by collecting data without animals, it is necessary to fill in the permission document or ethical declaration form obtained from the relevant institutions and organizations that they have obtained the data, information and documents within the framework of academic and ethical rules.



Veteriner Hekimler Derneği Dergisi

Journal of The Turkish Veterinary Medical Society

ETİK BEYAN FORMU / ETHICAL STATEMENT FORM

ETİK BEYANI (TR)

Veteriner Hekimler Derneği Dergisi'nde yayınlanmak üzere hazırladığım bu tez/araştırma makalesi/olgu vaka sunumu/davetli derleme çalışmasında;

- Sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi/ettiğimizi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu/sunduğumuzu,
- Çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi/gösterdiğimizi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı/yapmadığımızı,
- Bu çalışmada belirtilen bilgilerin ve bulguların özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim/ederiz.

Yazarların Adı Soyadı (Ünvanı)	Tarih	İmza

Etik Kurul Raporu & Beyanı: Araştırmada hayvan kullanılmış ise araştırma etik kurul tarafından onaylanmalı ilgili belge çevrimiçi makale değerlendirme sistemine yüklenmelidir. Hayvan kullanılmayan veri toplanarak gerçekleştirilmiş çalışmalar için verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğine ilişkin ilgili kurum&kuruluşlardan alınmış izin belgesi veya etik beyan formunun doldurulması ve sisteme yüklenmesi gerekmektedir.

Ethics Committee Report & Statement: If animals were used in the study, the research should be approved by the ethics committee and the relevant document should be uploaded to the online manuscript evaluation system. For studies carried out by collecting data without animals, it is necessary to fill in the permission document or ethical declaration form obtained from the relevant institutions and organizations that they have obtained the data, information and documents within the framework of academic and ethical rules.

Veteriner Hekimler Derneği Dergisi

Journal of the Turkish Veterinary Medical Society

Cilt / Volume : 96 - Sayı / Issue : 1 - Yıl / Year : 2025

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Kayseri ilinde sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı ve manda yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi 1 - 13
Evaluation of temperature-humidity index values in terms of dairy cattle and water buffalo breeding in Kayseri province
Savaş SARIÖZKAN, Güven GÜNGÖR, Mehmet KÜÇÜKOFLAZ, Seyrani DEMİR
- Çoklu bağlantı sorununda Ridge, Liu ve LASSO tahmin edicilerinin kullanımı: yumurta tavukçuluğunda bir uygulaması 14 - 22
The use of Ridge, Liu and LASSO estimators in the multicollinearity problem: an application in layer hen industry
Ayşe YENER, Ali Alparslan SAYIM, Aytaç AKÇAY
- Are cardiac and oxidant-antioxidant status different in female cats in sexual cycle? 23 - 31
Dişi kedilerde kardiyak ve oksidan-antioksidan durum seksüel siklus dönemlerinde farklı mıdır?
İshak GÖKÇEK, Ahmet GÖZER
- Determination of Staphylococcus aureus isolation, identification and antibiotic susceptibility in raw milk 32 - 40
Çiğ sütlerde Staphylococcus aureus izolasyonu, identifikasyonu ve antibiyotik duyarlılığının belirlenmesi
Pelın KOÇAK KIZANLIK, Melih DUYUK, Cemil ŞAHİNER, Murat BOYACIOĞLU
- Assessment of the relationship between body weight and body measurements among Morkaraman, Tushin and Awassi sheeps with different ages 41 - 51
Farklı yaşlardaki Morkaraman, Tuj ve İvesi koyunlarında vücut ağırlığı ile vücut ölçüleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
Uğur ÖZENTÜRK, Ömer ELTAS, Okan DEMİR, Ali Alparslan SAYIM
- Bal arılarında noseimosise karşı probiyotik, timol, naringenin ve fumagillin uygulamalarının CRITIC-TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi 52 - 61
Evaluation of probiotics, thymol, naringenin, and fumagillin applications against nosemosis in honeybees by CRITIC-TOPSIS method
Emre ŞAHİN, Sedat YELKOVAN, Doğukan ÖZEN

Olgu Sunumu / Case Report

- Surgical management of bilateral symblepharon accompanied by ankyloblepharon in a cat 62 - 67
Bir kedide bilateral ankyloblepharonun eşlik ettiği simblepharonun cerrahi yönetimi
Cemre IŞIK ŞİMŞEK, İrem ERGİN, Oytun Okan ŞENEL
- Aksaray malaklısı gebe bir köpekte leiomyom ile komplike vajinal prolapsus ve torsiyonu uteri olgusu 68 - 75
A case of vaginal prolapse and torsion uteri complicated by leiomyoma in a pregnant Aksaray malaklı dog
Cansu ASLAN ÇATAKLI, Zeynep GÜNAY UÇMAK, İsmail KIRŞAN, Özge ERDOĞAN BAMAÇ, Necati ÖZTÜRK

Derleme / Review

- Gebe ineklerde fetal programlama ve epigenetik değişimler: Beslenme ve ısı stresinin etkisi 76 - 87
Fetal programming in pregnant cows and epigenetic changes: The impact of nutrition and heat stress
Nazlı Senem CAM, Mehmet Rifat VURAL
- Kedilerde omurilik yaralanmalarında travma yönetimi 88 - 100
Trauma management in spinal cord injuries in cats
Hilmican ERGİN, Sena YAZICI, Kurtuluş PARLAK

Yayın Koşulları / Instructions to Authors

Yayın Hakkı Bilgilendirme ve Yazarlık Formu / Copyright agreement and acknowledgement of authorship form

Etik Beyan Formu / Ethical Statement Form