

# VETERİNER FİZYOLOJİ

**Editör**

Fikret ÇELEBİ



© Copyright 2025

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

**ISBN** 978-625-375-748-9  
**Sayfa ve Kapak Tasarımı**  
Akademisyen Dizgi Ünitesi

**Kitap Adı** Veteriner Fizyoloji  
**Yayıncı Sertifika No** 47518

**Editör** Fikret ÇELEBİ  
ORCID iD: 0000-0002-6196-2196  
**Baskı ve Cilt** Vadi Matbaacılık

**Yayın Koordinatörü** Yasin DİLMEN  
**Bisac Code** MED089000

**DOI** 10.37609/akya.4020

**Kütüphane Kimlik Kartı**  
Veteriner Fizyoloji / ed. Fikret Çelebi.  
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.  
720 s. : şekil, tablo. ; 160x235 mm.  
Kaynakça var.  
ISBN 9786253757489

**GENEL DAĞITIM**  
**Akademisyen Kitabevi A.Ş.**

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara  
Tel: 0312 431 16 33  
siparis@akademisyen.com

[www.akademisyen.com](http://www.akademisyen.com)

# İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	Fizyolojiye Giriş ve Temel Kavramlar.....	1
	Mehmet GÜVENÇ	
BÖLÜM 2	Hücre Fizyolojisi .....	29
	Polat İPEK	
BÖLÜM 3	Sinir Sistemi Fizyolojisi.....	63
	Sinan KANDIR	
BÖLÜM 4	Özel Duyular .....	115
	Samet TEKİN	
BÖLÜM 5	Kas Fizyolojisi .....	149
	Burak Batuhan LAÇİN	
BÖLÜM 6	Kan Fizyolojisi .....	177
	Banu ATALAY	
BÖLÜM 7	Dolaşım Sistemi Fizyolojisi .....	213
	Gökçen GÜVENÇ BAYRAM	
BÖLÜM 8	Solunum Sistemi Fizyolojisi .....	277
	Mehmet EKİCİ	
BÖLÜM 9	Sindirim Sistemi Fizyolojisi.....	321
	Mehmet BAŞEĞMEZ	
BÖLÜM 10	Metabolizma ve Enerji Dengesi.....	377
	Ecem Yüksel GÜRLE ALBAYRAK	
BÖLÜM 11	Üriner Sistem ve Böbrek Fizyolojisi .....	431
	Ruhi KABAKÇI	

BÖLÜM 12	Endokrin Sistem Fizyolojisi.....	459
	Mustafa CELLAT	
BÖLÜM 13	Üreme Fizyolojisi.....	517
	Emin ŞENGÜL	
BÖLÜM 14	Evcil Hayvanlarda Gebelik ve Doğum Fizyolojisi.....	597
	Volkan GELEN	
BÖLÜM 15	Laktasyon Fizyolojisi.....	637
	Mustafa MAKAV Mushap KURU	
BÖLÜM 16	Davranış Fizyolojisi.....	655
	Durmuş HATİPOĞLU	
BÖLÜM 17	Çevre Fizyolojisi.....	687
	Füsun AK SONAT	

# YAZARLAR

**Ögr. Gör. Ecem Yüksel GÜRLE  
ALBAYRAK**  
*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Fiziyojisi  
AD.*

**Dr. Öğr. Üyesi Banu ATALAY**  
*Batman Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri  
Meslek Yüksekokulu*

**Doç. Dr. Gökçen GÜVENÇ BAYRAM**  
*Dokuz Eylül Üniversitesi, Veteriner  
Fakültesi, Fiziyojisi AD.*

**Öğr. Gör. Dr. Mehmet BAŞEĞMEZ**  
*Pamukkale Üniversitesi Acıpayam Meslek  
Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü*

**Doç. Dr. Mustafa CELLAT**  
*Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Fiziyojisi  
AD.*

**Doç. Dr. Mehmet EKİCİ**  
*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Veteriner  
Fakültesi, Veterinerlik Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Volkan GELEN**  
*Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Mehmet GÜVENÇ**  
*Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi,  
Veteriner Fakültesi, Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Durmuş HATİPOĞLU**  
*Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Polat İPEK**  
*Dicle Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Ruhi KABAKÇI**  
*Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Fiziyojisi AD.*

**Dr. Öğr. Üyesi Sinan KANDIR**  
*Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner  
Fakültesi Fiziyojisi AD.*

**Prof. Dr. Mushap KURU**  
*Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Doğum ve Jinekoloji AD.*

**Dr. Öğr. Üyesi Burak Batuhan LAÇİN**  
*Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Fiziyojisi AD.*

**Doç. Dr. Mustafa MAKAV**  
*Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Fiziyojisi AD.*

**Dr. Öğr. Üyesi Füsun AK SONAT**  
*Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner  
Fakültesi Fiziyojisi AD.*

**Prof. Dr. Emin ŞENGÜL**  
*Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Fiziyojisi AD.*

**Dr. Öğr. Üyesi Samet TEKİN**  
*Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Fiziyojisi AD.*

# FİZYOLOJİYE GİRİŞ VE TEMEL KAVRAMLAR

Mehmet GÜVENÇ<sup>1</sup>

## 1.1 FİZYOLOJİYE GİRİŞ

Canlılar, yaşamlarını sürdürebilmek için çevresel koşullara uyum sağlamak zorundadır. Farklı türler, buldukları ortama özgü çeşitli adaptasyonlar geliştirmiş olsalar da tüm organizmaların ortak hedefi hayatta kalmaktır. Bu amaçla canlıların vücudunda işleyen, yaşamı mümkün kılan karmaşık biyolojik süreçlerin bütüncül biçimde incelenmesine **fizyoloji** adı verilir. Fizyoloji, yaşamın başlangıcından gelişimine kadar, hücresel düzeyden organizmaya kadar birçok yapının işleyişini anlamayı amaçlayan bir bilim dalıdır.

Fizyologlar, canlıların çevresel değişimlere nasıl tepki verdiğini, biyolojik süreçlerin nasıl düzenlendiğini ve homeostazın nasıl sürdürüldüğünü araştırırlar. Homeostazis, organizmanın iç dengesinin korunması anlamına gelir ve sıcaklık, su ve besin dengesi gibi yaşamsal parametrelerin kontrolünü içerir. Hayvanlar, dış çevre koşulları—örneğin sıcaklık değişimleri, besin ve suya erişim, gaz konsantrasyonlarındaki dalgalanmalar—nedeniyle sürekli fizyolojik uyum mekanizmalarını devreye sokmak zorundadır. Bu durum, içsel çevreyi düzenleyen fizyolojik sistemlerin işleyişinin anlaşılmasını önemli kılar.

Veteriner fizyolojisi, hayvan vücudunun temel işlevlerini ve sistemler arası etkileşimleri inceleyerek, normal ve patolojik süreçlerin anlaşılmasına katkı sağlar. Bu bilim dalı; hücre fizyolojisi, endokrinoloji, dolaşım, beslenme, üreme ve laktasyon fizyolojisi gibi pek çok alt disiplini kapsar. Günümüzde veteriner hekimliğin temelini oluşturan bilgiler, fizyologların ve diğer ilgili bilim insanları-

<sup>1</sup> Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD.,  
mguvenc@mku.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9716-0697

## KAYNAKLAR

1. Shashank C, Das PK, and Sejian V, *Veterinary Physiology: Past, Present, and Future Perspective*, in *Textbook of Veterinary Physiology*. 2023, Springer. p. 3-19.
2. Hall JE and Hall ME, *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book*. 2020: Elsevier Health Sciences.
3. Aslan R *Osmanlı'dan Cumhuriyet'e veteriner hekimliği eğitimi: Bir mektup analizi*. 2017.
4. Anonim. 2025 28.07.2025]; Available from: <https://www.veterinary.ankara.edu.tr/fizyoloji-anabilim-dali/>.
5. Taşdemirci E *Türkiye'de üniversite kavramının gelişmesinde Alman Bilim Adamlarının katkısı*. Erdem 1999; 11(33): 883-910.
6. Cannon WB *The wisdom of the body*. The Journal of Nervous and Mental Disease 1940; 92(2): 262.
7. Goldstein DS *How does homeostasis happen? Integrative physiological, systems biological, and evolutionary perspectives*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 2019; 316(4): R301-R317.
8. Bechtel W and Bich L *Situating homeostasis in organisms: maintaining organization through time*. The Journal of Physiology 2024; 602(22): 6003-6020.
9. Cano-Martínez A, Rubio-Ruiz ME, and Guarner-Lans V *Homeostasis and evolution in relation to regeneration and repair*. The Journal of Physiology 2024; 602(11): 2627-2648.
10. Cinquin O and Demongeot J *Roles of positive and negative feedback in biological systems*. Comptes rendus. Biologies 2002; 325(11): 1085-1095.
11. Abdel-Sater KA *Physiological positive feedback mechanisms*. Am J Biomed Sci 2011; 3(2): 145-55.
12. Libretti S and Puckett Y, *Physiology, homeostasis*, in *StatPearls [Internet]*. 2023, StatPearls Publishing.
13. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, and Brooks HL, *Ganong's review of medical physiology*. 2010: McGraw-Hill Companies, Inc.
14. Reece WO, Erickson HH, Goff JP, and Uemura EE, *Dukes' physiology of domestic animals*. 2015: John Wiley & Sons.
15. Bradley G *Cunningham's textbook of veterinary physiology 6 th*. 2020, Elsevier, Inc.

## HÜCRE FİZYOLOJİSİ

Polat İPEK<sup>1</sup>

## 2.1. GİRİŞ

Herhangi bir organizmanın normal aktivitelerini oluşturan temel mekanizmaları anlamak için, bu aktivitelerin altında yatan yapısal ilişkileri göz önünde bulundurmak esastır. Morfolojiye ilişkin mevcut anlayışımızın temelini oluşturan en eski gözlemlerden biri, 1660'larda ilkel bir ışık mikroskobu ile ince mantar dilimlerini inceleyen ve mantarın "hücreler" adını verdiği küçük bölmelerden oluştuğunu fark eden Robert Hooke'a aittir. Bu orijinal gözlemler, sonraki iki yüzyıl boyunca çok sayıda ışık mikroskobu uzmanının çalışmalarıyla genişletilmiş ve geliştirilmiştir. 1830'ların sonlarına doğru, Schleiden tarafından bitkilerde ve Schwann tarafından hayvanlarda olmak üzere, tüm canlı organizmaların hücrelerden oluştuğu bağımsız bir şekilde varsayılmıştı. Bu varsayım hücre teorisi olarak tanınmaya başlandı (1).

Latince 'küçük oda' (small room) anlamına gelen hücre, organizmanın yaşayan ve çoğalabilen en küçük fonksiyonel birimidir (2, 3). Hücrelerin büyüklüğü, kökenine ve ne yaptığı işe göre değişmektedir. Dünyada bulunan en büyük hücre çapı 13 cm olan deve kuşu yumurtasıdır. Dünyanın en küçük hücresi ise 0.1 pm çapında olan Mycoplasma (Bir tür bakteri) hücresidir. En uzun hücresi ise sinir hücresidir (2).

Yaşam hücrelidir ve hücreler yaşamın temel birimleridir. Tüm organizmanın doku ve organlarındaki fizyolojik süreçlerin ön koşulu hücre fonksiyonlarının bozulmamış olmasıdır. Hücreler olmadan canlılar olmazdı. Canlıların tüm

<sup>1</sup> Doç. Dr., Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., polat.ipek@dicle.edu.tr,  
ORCID iD: 0000-0003-1756-9757

santrasyonu yaklaşık 100 nmol/L'de tutulur. İnterstitiyel sıvıdaki  $Ca^{2+}$  konsantrasyonu, sitoplazmik konsantrasyonun yaklaşık 12.000 katıdır (yani 1.200.000 nmol/L), bu nedenle belirgin bir içe doğru yönelmiş konsantrasyon gradyanının yanı sıra içe doğru yönelmiş bir elektriksel gradyan da vardır.

Hücre içi  $Ca^{2+}$ 'nin büyük bir kısmı, endoplazmik retikulum ve diğer organelerde nispeten yüksek konsantrasyonlarda depolanır (Şekil 2–21) ve bu organeler, sitoplazmadaki serbest  $Ca^{2+}$  konsantrasyonunu artırmak için ligand kapılı kanallar aracılığıyla  $Ca^{2+}$ 'nin harekete geçirilebileceği bir depo sağlar.

Hormon reseptörüne bağlanınca bu kompleks GTP-bağlayıcı protein aracılığıyla fosfolipaz C enzimini aktif hale getirir. Fosfolipaz C hücre zarındaki belirli fosfolipidleri parçalayarak inositol 1,4,5-trisfosfat (IP3) serbestler. IP3  $Ca^{2+}$  depolayan endoplazmik retikulum gibi hücre içi organellerdeki  $Ca^{2+}$  kanallarını aktive ederek depo organellerinden  $Ca^{2+}$  'un çıkışını ve sitozoldeki  $Ca^{2+}$  konsantrasyonunun artmasını sağlar. Artan sitoplazmik  $Ca^{2+}$ , kalsiyum bağlayıcı proteinelere bağlanır ve onları aktive eder. Bu proteinler, hücre fizyolojisinde doğrudan etkilere sahip olabilir veya hücre sinyal yollarını iletirmek için diğer proteinleri, genellikle protein kinazları aktive edebilir (3, 12).

## KAYNAKLAR

1. Forbes, M. and D.G. Ferguson, *Cell Physiology Sourcebook A Molecular Approach*. Ultrastructure of Cells. 2001, California USA: Academic Press.
2. Uğraş, S., *Fizyoloji*. 2024: Akademisyen Kitabevi.
3. Von Engelhardt W., et al., *Veteriner Fizyoloji*, ed. H. Öztürk. 2019, Ankara: Nobel Tıp Kitapevleri.
4. Landowne, D., *Cell Physiology*. 2006: Lange Medical Books/McGraw-Hill.
5. Guyton, A. and J. Hall, *Textbook Of Medical Physiology, Tıbbi Fizyoloji*, ed. H.A. Çavuşoğlu. Vol. 9. 2007, Ankara: Nobel Tıp Kitapevleri.
6. Scanlon, V.C. and T. Sanders, *Essentials of anatomy and physiology*. 2018: FA Davis.
7. Cochran, P.E., *Veterinary Anatomy and Physiology*. 2011: USA: Delmar-Cengage Learning.
8. Sperelakis, N., *Cell physiology sourcebook: a molecular approach*. 2001: Elsevier.
9. Belk, C. and V. Borden Maier, *Biology Science for Life WITH PHYSIOLOGY*. 2013, United States of America: Pearson Education, Inc. 717.
10. Costanzo, L.S., *Physiology (Elsevier)*. 2014, China: Elsevier.
11. Mitchell, D.R., *The evolution of eukaryotic cilia and flagella as motile and sensory organelles*. Eukaryotic membranes and cytoskeleton: Origins and evolution, 2007: p. 130-140.
12. E., B.K., et al., *Ganong's Rewiev of Medical Physiology (Der W.F. Ganong)*. 2010, New York: McGraw Hill Companies Inc.
13. Delevoeye, C., M.S. Marks, and G. Raposo, *Lysosome-related organelles as functional adaptations of the endolysosomal system*. Current opinion in cell biology, 2019. **59**: p. 147-158.
14. Baßler, J. and E. Hurt, *Eukaryotic ribosome assembly*. Annual review of biochemistry, 2019. **88**(1): p. 281-306.

15. Dell'Angelica, E.C., et al., *Lysosome-related organelles*. The FASEB Journal, 2000. **14**(10): p. 1265-1278.
16. Winey, M. and E. O'Toole, *Centriole structure*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2014. **369**(1650): p. 20130457.
17. Müsüroğlu Keloğlu, S., *Temel Tıp Bilimleri Alanında Gelişmeler*. Hücre Fizyolojisi: Hücre ve Organelleri, ed. F. Taşer. Ankara: Platanus Yayın Grubu. 124.
18. Glickman, M.H. *Getting in and out of the proteasome*. in *Seminars in cell & developmental biology*. 2000. Elsevier.
19. Pohl, C. and I. Dikic, *Cellular quality control by the ubiquitin-proteasome system and autophagy*. Science, 2019. **366**(6467): p. 818-822.
20. Li, H., et al., *One-step synthesis of strongly stabilized yellow fluorescent carbon dots for rapid Golgi apparatus targeting and imaging*. Diamond and Related Materials, 2025. **156**: p. 112392.
21. Silambuselvi, V., et al., *Theoretical analysis of facilitated diffusion process in a liquid membrane: Adomian decomposition method*. International Journal of Electrochemical Science, 2024. **19**(12): p. 100855.
22. Sembulingam, K., *Essentials of Medical Physiology: With Free Review of Medical Physiology*. 2019: Jaypee Brothers medical publishers.
23. Chen, I. and F. Lui, *Physiology, active transport*. 2019.
24. Forrest, L.R., R. Krämer, and C. Ziegler, *The structural basis of secondary active transport mechanisms*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics, 2011. **1807**(2): p. 167-188.
25. Sturtz, R. and L. Asprea, *Anatomy and Physiology for Veterinary Technicians and Nurses. A Clinical Approach*. 2012, USA: John Wiley & Sons, Inc.
26. Pushkar, B., *Protein Synthesis: Methods and Protocols*, ed. B. Pushkar. 2021, Canada: Delve Publishing.
27. White-Gilbertson, S., D.T. Kurtz, and C. Voelkel-Johnson, *The role of protein synthesis in cell cycling and cancer*. Molecular oncology, 2009. **3**(5-6): p. 402-408.
28. Liljas, A., *Structural Aspects Of Protein Synthesis*. 2004, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
29. Runa Sur, J.M., *Recent Trends in Gene Expression. Mechanism of Transcription in Prokaryotes*. 2013, New York: Nova Science Publishers. 334.
30. Rowen D. Frandson, W.L.W., Anna Dee Fails, *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. 7 ed. 2009, Colorado: A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 536.
31. Tartaglia L, W.A., *Veterinary Physiology and Applied Anatomy, A Textbook for Veterinary Nurses and Technicians*. 2 ed. 2005, Italy: Elsevier. 218.
32. Reece, W.O., *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. 4 ed. 2009: A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 593.
33. Reyes, P., M.A. Ashraf, and K.N. Brown, *Physiology, Cellular Messengers*. 2019.

## SİNİR SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Sinan KANDIR<sup>1</sup>

## 3.1.GİRİŞ

Sinir sistemi, canlı organizmaların, dış ve iç çevreden gelen her düzeydeki değişken uyarınları sürekli değerlendirerek, hızlı, hedefe özgü yanıtlar üretilmesini sağlar. Reseptörlerden gelen bilgi sinir sistemi tarafından toplanır, merkezi sinir sistemi (MSS) içinde anlamlandırılır ve periferik sinir sistemi (PSS) aracılığıyla kas ve bez gibi efektörlere iletilerek uygun yanıt başlatılır. Basit olarak tanımlanabilen bu süreçler zinciri, aslında organizmanın en karmaşık çalışan sistemlerinden biridir. Bu noktada, fizyolojik kavramlar arasında adını sıkça duyduğumuz homeostazis ve pek de kullanmadığımız allostazis'in ne demek olduğuna bir göz atalım;

**Homeostazis;** iç ortamın fizyolojik sınırlar içinde korunmasını sağlayan bütünlüklü denetim süreçlerini ifade etmektedir. Hipokrat ve Galen, sağlığı dört vücut sıvısının (kan, balgam, sarı ve kara safra) dengesiyle tanımlamış, hastalığı dengenin bozulması olarak görmüştür. İbn-i Sina ile bu kavram sistematik bir fizyolojik çerçeveye dönüşmektedir. Dış değişkenlere karşı bile iç düzenin korunma eğiliminde olduğunu, hekimin nabız, idrar, ateş ve iştah gibi göstergelerle bu iç düzenin bozulup bozulmadığını kontrol etmesi gerektiğini ve tedavinin yalnızca ilaçla değil yaşam düzeninin yeniden tesisiyle mümkün olabileceğini belirtir. Böylece hekime, davranışsal ve çevresel düzenlemeyi de içeren bütüncül bir yaklaşımla hastaya yaklaşımı tavsiye etmektedir. Bu düşünce, 19. yüzyılda Claude Bernard'ın milieu intérieur (iç ortam) kavramıyla deneysel bir

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi Fizyoloji AD.,  
sinankandir@cu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8404-7994

deri sağlığı ve paraziter hastalıkların değerlendirilmesinde kaşıntı önemli bir belirtidir.

Kaşıntı algısı çoğunlukla **C tipi miyelinsiz lifler** aracılığıyla iletilir ve bu liflerin nosiseptif liflerle büyük oranda örtüştüğü görülür. Ancak kaşıntıya özgü reseptörler ve yolaklar da tanımlanmıştır. Histamin, klasik kaşıntı uyarıcısı olarak tanınsa da **non-histaminik** kaşıntı yolları da mevcuttur. Özellikle **interlökinler**, **serotonin** ve **proteazlar** gibi mediatörler bu duyunun oluşumunda görev alabilir.

Medulla spinaliste kaşıntı lifleri dorsal boynuz giriş yaptıktan sonra, ağrı liflerine benzer bir şekilde talamusa ve ardından somatosensoriyel kortekse iletilir. Ancak kaşıntının merkezi işlenmesinde **insula**, **anterior singulat korteks** ve **prefrontal korteks** gibi ağrıyla ortak ve ayrı bölge aktivasyonları gösterilmiştir.

Kaşıntı ve ağrı arasında karşılıklı bir etkileşim vardır. Örneğin, şiddetli ağrılar kaşıntı hissini baskılayabilir; kaşımayla oluşan hafif ağrılar da geçici olarak kaşıntıyı ortadan kaldırabilir. Bu etkileşim, spinal seviyedeki **inhibitör interneuronlar** aracılığıyla gerçekleştirilir.

Kaşıntı, özellikle dermatolojik hastalıkların (pire infestasyonu, atopik dermatit, gıda alerjileri, ektoparazitler gibi) başlıca klinik belirtisidir. Hayvanın sık kaşınması, yalama, ısırma ve ciltte ekskoriasyonlar gibi bulgularla gözlenir.

## KAYNAKLAR

1. Cannon, W. B. (1932). *The wisdom of the body*. New York: W. W. Norton & Company, Inc. <https://digital.library.cornell.edu/catalog/chla3117174>
2. Sayili, A. M. (1939). Was Ibn Sina an Iranian or a Turk? *Isis*, 31(1), 8–24. <http://www.jstor.org/stable/226013>
3. Billman GE (2020) Homeostasis: The Underappreciated and Far Too Often Ignored Central Organizing Principle of Physiology. *Front. Physiol.* 11:200. doi: 10.3389/fphys.2020.00200
4. Ramsay DS, Woods SC. Clarifying the roles of homeostasis and allostasis in physiological regulation. *Psychol Rev.* 2014 Apr;121(2):225-47. doi: 10.1037/a0035942. PMID: 24730599; PMCID: PMC4166604.
5. Mushiak, H. (2022). Neurophysiological Perspective on Allostasis and Homeostasis: Dynamic Adaptation in Viable Systems. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 34(4), 710-717. <https://doi.org/10.20965/jrm.2022.p0710>
6. McEwen, B. Allostasis and Allostatic Load: Implications for Neuropsychopharmacology. *Neuropsychopharmacol* 22, 108–124 (2000). [https://doi.org/10.1016/S0893-133X\(99\)00129-3](https://doi.org/10.1016/S0893-133X(99)00129-3)
7. Wicher D. Design principles of sensory receptors. *Front Cell Neurosci.* 2010 Jul 7;4:25. doi: 10.3389/fncel.2010.00025. PMID: 20725512; PMCID: PMC2906217.
8. Belmonte, C., & Viana, F. (2008). Molecular and cellular limits to somatosensory specificity. *Molecular pain*, 4, 14. <https://doi.org/10.1186/1744-8069-4-14>

9. Handler, A., Ginty, D.D. The mechanosensory neurons of touch and their mechanisms of activation. *Nat Rev Neurosci* **22**, 521–537 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00489-x>
10. Julius D. (2013). TRP channels and pain. *Annual review of cell and developmental biology*, *29*, 355–384. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-101011-155833>
11. Woo, SH., Lukacs, V., de Nooij, J. *et al.* Piezo2 is the principal mechanotransduction channel for proprioception. *Nat Neurosci* **18**, 1756–1762 (2015). <https://doi.org/10.1038/nn.4162>
12. Quindlen-Hotek JC, Bloom ET, Johnston OK, Barocas VH. An inter-species computational analysis of vibrotactile sensitivity in Pacinian and Herbst corpuscles. *R Soc Open Sci*. 2020 Apr 29;7(4):191439. doi: 10.1098/rsos.191439. PMID: 32431862; PMCID: PMC7211856.
13. Crole, M. R., & Soley, J. T. (2014). Comparative distribution and arrangement of Herbst corpuscles in the oropharynx of the ostrich (*Struthio camelus*) and emu (*Dromaius novaehollandiae*). *Anatomical record (Hoboken, N.J. : 2007)*, *297*(7), 1338–1348. <https://doi.org/10.1002/ar.22933>
14. W. Chang, H. Kanda, R. Ikeda, J. Ling, J.J. DeBerry, & J.G. Gu, Merkel disc is a serotonergic synapse in the epidermis for transmitting tactile signals in mammals, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* *113* (37) E5491–E5500, <https://doi.org/10.1073/pnas.1610176113> (2016).
15. Cobo R, García-Piqueras J, Cobo J, Vega JA. The Human Cutaneous Sensory Corpuscles: An Update. *J Clin Med*. 2021 Jan 10;10(2):227. doi: 10.3390/jcm10020227. PMID: 33435193; PMCID: PMC7827880.
16. Qi, L., Iskols, M., Greenberg, R. S., Xiao, J. Y., Handler, A., Liberles, S. D., & Ginty, D. D. (2024). Krause corpuscles are genital vibrotactile sensors for sexual behaviours. *Nature*, *630*(8018), 926–934. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07528-4>
17. Created in <https://BioRender.com>
18. Dent EW, Merriam EB, Hu X. The dynamic cytoskeleton: backbone of dendritic spine plasticity. *Curr Opin Neurobiol*. 2011 Feb;21(1):175–81. doi: 10.1016/j.conb.2010.08.013. Epub 2010 Sep 9. PMID: 20832290; PMCID: PMC3010448.
19. Eberhardt F, Herz AVM, Häusler S (2019) Tuft dendrites of pyramidal neurons operate as feedback-modulated functional subunits. *PLOS Computational Biology* *15*(3): e1006757. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006757>
20. Eberhardt, F., Bushong, E. A., Phan, S., Peltier, S., Monteagudo-Mesas, P., Weinkauff, T., Herz, A. V. M., Stemmler, M., & Ellisman, M. (2022). A Uniform and Isotropic Cytoskeletal Tiling Fills Dendritic Spines. *eNeuro*, *9*(5), ENEURO.0342-22.2022. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0342-22.2022>
21. Hering, H., & Sheng, M. (2001). Dendritic spines: structure, dynamics and regulation. *Nature reviews. Neuroscience*, *2*(12), 880–888. <https://doi.org/10.1038/35104061>
22. Stingl, M., Draguhn, A., & Both, M. (2025). A dendrite is a dendrite is a dendrite? Dendritic signal integration beyond the “antenna” model. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, *477*(1), 9–16. <https://doi.org/10.1007/s00424-024-03004-0>
23. Bota M, Swanson LW. The neuron classification problem. *Brain Res Rev*. 2007 Nov;56(1):79–88. doi: 10.1016/j.brainresrev.2007.05.005. Epub 2007 May 26. PMID: 17582506; PMCID: PMC2150566.
24. Masland, R. H. (2004). Neuronal cell types. *Current Biology*, *14*(13), R497–R500. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.06.035>
25. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., editors. *Neuroscience*. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10799/>
26. Quan, L., Uyeda, A. & Muramatsu, R. Central nervous system regeneration: the roles of glial cells in the potential molecular mechanism underlying remyelination. *Inflamm Regen* **42**, 7 (2022). <https://doi.org/10.1186/s41232-022-00193-y>

27. Nave, K. A., & Werner, H. B. (2014). Myelination of the nervous system: mechanisms and functions. *Annual review of cell and developmental biology*, 30, 503–533. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100913-013101>
28. Deng S, Gan L, Liu C, Xu T, Zhou S, Guo Y, Zhang Z, Yang GY, Tian H, Tang Y. Roles of Ependymal Cells in the Physiology and Pathology of the Central Nervous System. *Aging Dis.* 2023 Apr 1;14(2):468-483. doi: 10.14336/AD.2022.0826-1. PMID: 37008045; PMCID: PMC10017161.
29. Siegel GJ, Agranoff BW, Albers RW, et al., editors. *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects*. 6th edition. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1999. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK20385/>
30. Gibson, E. M., Purger, D., Mount, C. W., Goldstein, A. K., Lin, G. L., Wood, L. S., Inema, I., Miller, S. E., Bieri, G., Zuchero, J. B., Barres, B. A., Woo, P. J., Vogel, H., & Monje, M. (2014). Neuronal activity promotes oligodendrogenesis and adaptive myelination in the mammalian brain. *Science (New York, N.Y.)*, 344(6183), 1252304. <https://doi.org/10.1126/science.1252304>
31. McMillan, D. B., & Harris, R. J. (2018). Chapter F – Nervous tissue. In D. B. McMillan & R. J. Harris (Eds.), *An atlas of comparative vertebrate histology* (pp. 141–170). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410424-2.00006-8>
32. Zalc B. (2016). The acquisition of myelin: An evolutionary perspective. *Brain research*, 1641(Pt A), 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.09.005>
33. Poliak, S., Peles, E. The local differentiation of myelinated axons at nodes of Ranvier. *Nat Rev Neurosci* 4, 968–980 (2003). <https://doi.org/10.1038/nrn1253>
34. Waxman, Stephen G., Jeffery D. Kocsis, and Peter K. Stys (eds), *The Axon: Structure, Function and Pathophysiology* (New York, 1995; online edn, Oxford Academic, 1 May 2009), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195082937.001.0001>
35. Sherman, D., Brophy, P. Mechanisms of axon ensheathment and myelin growth. *Nat Rev Neurosci* 6, 683–690 (2005). <https://doi.org/10.1038/nrn1743>
36. Suminaite D, Lyons DA, Livesey MR. Myelinated axon physiology and regulation of neural circuit function. *Glia*. 2019 Nov;67(11):2050-2062. doi: 10.1002/glia.23665. Epub 2019 Jun 24. PMID: 31233642; PMCID: PMC6772175.
37. Allen NJ, Lyons DA. Glia as architects of central nervous system formation and function. *Science*. 2018 Oct 12;362(6411):181-185. doi: 10.1126/science.aat0473. PMID: 30309945; PMCID: PMC6292669.
38. Mandal, A., Wong, H. C., Pinter, K., Mosqueda, N., Beirl, A., Lomash, R. M., Won, S., Kindt, K. S., & Drerup, C. M. (2021). Retrograde Mitochondrial Transport Is Essential for Organelle Distribution and Health in Zebrafish Neurons. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 41(7), 1371–1392. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1316-20.2020>
39. Xin M, Yue T, Ma Z, Wu FF, Gow A, Lu QR. Myelinogenesis and axonal recognition by oligodendrocytes in brain are uncoupled in Olig1-null mice. *J Neurosci*. 2005 Feb 9;25(6):1354-65. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3034-04.2005. PMID: 15703389; PMCID: PMC6725991.
40. Zhang N, Yi R, Zhong F, Lu Y, Chen W, Ke Z, Zhang Y, Zhou L, Wang P, Li W. Oligodendrocytes and myelination: pioneering new frontiers in cognitive neuroscience. *Front Neurosci*. 2025 Jul 21;19:1618468. doi: 10.3389/fnins.2025.1618468. PMID: 40761314; PMCID: PMC12319009.
41. Emery B. (2010). Regulation of oligodendrocyte differentiation and myelination. *Science (New York, N.Y.)*, 330(6005), 779–782. <https://doi.org/10.1126/science.1190927>
42. Fünfschilling, U., Supplie, L. M., Mahad, D., Boretius, S., Saab, A. S., Edgar, J., Brinkmann, B. G., Kassmann, C. M., Tzvetanova, I. D., Möbius, W., Diaz, F., Meijer, D., Suter, U., Hamprecht, B., Sereda, M. W., Moraes, C. T., Frahm, J., Goebbels, S., & Nave, K. A. (2012). Glycolytic oli-

- godendrocytes maintain myelin and long-term axonal integrity. *Nature*, 485(7399), 517–521. <https://doi.org/10.1038/nature11007>
43. Philips T, Rothstein JD. Oligodendroglia: metabolic supporters of neurons. *J Clin Invest*. 2017 Sep 1;127(9):3271–3280. doi: 10.1172/JCI90610. Epub 2017 Sep 1. PMID: 28862639; PMCID: PMC5669561.
  44. HODGKIN, A. L., & HUXLEY, A. F. (1952). A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *The Journal of physiology*, 117(4), 500–544. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1952.sp004764>
  45. Armstrong C. M. (1981). Sodium channels and gating currents. *Physiological reviews*, 61(3), 644–683. <https://doi.org/10.1152/physrev.1981.61.3.644>
  46. Catterall W. A. (2012). Voltage-gated sodium channels at 60: structure, function and pathophysiology. *The Journal of physiology*, 590(11), 2577–2589. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224204>
  47. Catterall W. A. (2010). Ion channel voltage sensors: structure, function, and pathophysiology. *Neuron*, 67(6), 915–928. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.021>
  48. Erlanger, J., & Gasser, H. S. (1937). THE COMPARATIVE PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NERVE FIBERS. In *Electrical Signs of Nervous Activity* (pp. 34–78). University of Pennsylvania Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctv4v329k.5>
  49. Hürkey, S., Niemeyer, N., Schleimer, J. H., Ryglewski, S., Schreiber, S., & Duch, C. (2023). Gap junctions desynchronize a neural circuit to stabilize insect flight. *Nature*, 618(7963), 118–125. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06099-0>
  50. Bhattacharya A, Aghayeva U, Berghoff EG, Hobert O. Plasticity of the Electrical Connectome of *C. elegans*. *Cell*. 2019 Feb 21;176(5):1174–1189.e16. doi: 10.1016/j.cell.2018.12.024. Epub 2019 Jan 24. PMID: 30686580; PMCID: PMC10064801.
  51. Saez, J. C., Berthoud, V. M., Branes, M. C., Martinez, A. D., & Beyer, E. C. (2003). Plasma membrane channels formed by connexins: their regulation and functions. *Physiological reviews*, 83(4), 1359–1400. <https://doi.org/10.1152/physrev.00007.2003>
  52. Decrock E, De Bock M, Wang N, Bultynck G, Giaume C, Naus CC, Green CR, Leybaert L. Connexin and pannexin signaling pathways, an architectural blueprint for CNS physiology and pathology? *Cell Mol Life Sci*. 2015 Aug;72(15):2823–51. doi: 10.1007/s00018-015-1962-7. Epub 2015 Jun 29. PMID: 26118660; PMCID: PMC11113968.
  53. Laird DW. Life cycle of connexins in health and disease. *Biochem J*. 2006 Mar 15;394(Pt 3):527–43. doi: 10.1042/BJ20051922. PMID: 16492141; PMCID: PMC1383703.
  54. Sáez, J. C., & Nicholson, B. (2014). Connexin and pannexin based channels in the nervous system: Gap junctions and more. In J. H. Byrne, R. Heidelberger, & M. N. Waxham (Eds.), *From molecules to networks* (3rd ed., pp. 257–283). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397179-1.00009-9>
  55. Welzel, G., Schuster, S. Long-term potentiation in an innexin-based electrical synapse. *Sci Rep* 8, 12579 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30966-w>
  56. Mammano F. Gap Junctions: Cell-Cell Channels in Animals. In: *Madame Curie Bioscience Database* [Internet]. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6455/>
  57. Bhattacharya A, Aghayeva U, Berghoff EG, Hobert O. Plasticity of the Electrical Connectome of *C. elegans*. *Cell*. 2019 Feb 21;176(5):1174–1189.e16. doi: 10.1016/j.cell.2018.12.024. Epub 2019 Jan 24. PMID: 30686580; PMCID: PMC10064801.
  58. Bazinet, V., Hansen, J.Y. & Misisic, B. Towards a biologically annotated brain connectome. *Nat. Rev. Neurosci.* 24, 747–760 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41583-023-00752-3>
  59. Gutierrez, G. J., & Wang, S. (2023). Gap junctions: The missing piece of the connectome. *Current biology : CB*, 33(15), R819–R822. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.058>

60. Belousov AB, Fontes JD. Neuronal gap junctions: making and breaking connections during development and injury. *Trends Neurosci.* 2013 Apr;36(4):227-36. doi: 10.1016/j.tins.2012.11.001. Epub 2012 Dec 11. PMID: 23237660; PMCID: PMC3609876.
61. Vaughn MJ, Haas JS. On the Diverse Functions of Electrical Synapses. *Front Cell Neurosci.* 2022 Jun 9;16:910015. doi: 10.3389/fncel.2022.910015. PMID: 35755782; PMCID: PMC9219736.
62. Pereda A. E. (2014). Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses. *Nature reviews. Neuroscience*, 15(4), 250–263. <https://doi.org/10.1038/nrn3708>
63. McCoy AN, Tan SY. Otto Loewi (1873-1961): Dreamer and Nobel laureate. *Singapore Med J.* 2014 Jan;55(1):3-4. doi: 10.11622/smedj.2014002. PMID: 24452970; PMCID: PMC4291908.
64. Loewi O (1921) Über humorale übertragbarkeit der Herznervenwirkung. *Pflügers Arch Ges Physiol* 189:239–242
65. Loewi O (1936) Quantitative und qualitative Untersuchungen über den Sympathicusstoff. *Pflügers Arch Ges Physiol* 237:504–514
66. Leivaditis V, Multa F, Dahm M, Grapatsas K, Papatranta fylylou A, Bekou E, Verras GI, Tasiou K, Tchabashvili L, Markakis K, Lozos V, Koletsis E. History of the development of isolated heart perfusion experimental model and its pioneering role in understanding heart physiology. *Arch Med Sci Atheroscler Dis.* 2024 May 29;9:e109-e121. doi: 10.5114/amsad/188270. PMID: 39086622; PMCID: PMC11289247.
67. Borges, R., & García, A. G. (2021). One hundred years from Otto Loewi experiment, a dream that revolutionized our view of neurotransmission. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 473(6), 977–981. <https://doi.org/10.1007/s00424-021-02580-9>
68. Rizo J. (2018). Mechanism of neurotransmitter release coming into focus. *Protein science : a publication of the Protein Society*, 27(8), 1364–1391. <https://doi.org/10.1002/pro.3445>
69. Hall, J. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.
70. Hill, R. W., Wyse, G. A., & Anderson, M. (2016). *Animal physiology* (4th ed.). Sinauer Associates.
71. Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., et al. (2001). *Neuroscience* (2nd ed.). Sinauer Associates. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10799/>
72. McMillan, D. B., & Harris, R. J. (2018). *An atlas of comparative vertebrate histology*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410424-2.00006-8>
73. Noyan, A. (2004). *Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji*. Ankara: Medisan Yayınevi.
74. Wicher, D. (2010). Design principles of sensory receptors. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 4, 25. <https://doi.org/10.3389/fncel.2010.00025>
75. Woo, S. H., Lukacs, V., de Nooij, J. et al. (2015). Piezo2 is the principal mechanotransduction channel for proprioception. *Nature Neuroscience*, 18, 1756–1762. <https://doi.org/10.1038/nn.4162>
76. Julius, D. (2013). TRP channels and pain. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 29, 355–384. <https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-101011-155833>
77. Woo, S. H., Ranade, S., Weyer, A. D., et al. (2014). Piezo2 is required for Merkel-cell mechanotransduction. *Nature*, 509(7502), 622–626. <https://doi.org/10.1038/nature13251>
78. Handler, A., & Ginty, D. D. (2021). The mechanosensory neurons of touch and their mechanisms of activation. *Nature Reviews Neuroscience*, 22(9), 521–537. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00489-x>
79. Belmonte, C., & Viana, F. (2008). Molecular and cellular limits to somatosensory specificity. *Molecular Pain*, 4, 14. <https://doi.org/10.1186/1744-8069-4-14>
80. Cobo, R., García-Piqueras, J., Cobo, J., & Vega, J. A. (2021). The human cutaneous sensory corpuscles: An update. *Journal of Clinical Medicine*, 10(2), 227. <https://doi.org/10.3390/jcm10020227>

## ÖZEL DUYULAR

Samet TEKİN<sup>1</sup>

## 4.1 GİRİŞ

Özel duyular tüm canlıların çevresi ile iletişimini kurmasında ve hayatta kalmalarında özel mekanizmalar ve kolaylıklar sunan bir sistemdir. Görme, işitme, tat ve koku gibi bu özel duyular çevresel uyaranları algırlar ve elde ettikleri impulsları sinirsel ağlar yoluyla beyine iletirler. Bu sayede beyin elde ettikleri uyarılara karşı uygun olan davranışları veya fizyolojik süreçleri tetikler. Bu duyu sistemini sadece çevresel bir faktörden kaynaklı değil aynı zamanda yaşamsal işlevlerde kritik rolü olan beslenme, üreme ve savunma gibi faktörler de rol oynar.

Veteriner hekimlikte özel duyuların araştırılması aslında farklı türdeki hayvanların hem morfolojilerinde hem de fizyolojik açıdan farklılıklarının ortaya konulmasına katkı sağlamakla beraber klinik açıdan tanı ve tedavi sürecinde de hekimlere yol gösterici olmaktadır. Gözün anatomik yapısı ve işlevlerini bilmek göz hastalıklarının tanısını koymakta çok önemli rol oynarken, kulak ve kokleanın yapı ve fonksiyonlarını bilmek işitme duyusu problemlerine çözüm ararken ciddi faydalar sağlamakla ve temel oluşturmaktadır. Buna benzer şekilde tat ve koku duyularının hem fizyolojilerini hem de anatomisini bilmek hayvanların beslenme tercihleri ve çevresel uyaranlara karşı verdikleri tepkileri anlamak için oldukça önemli rol oynamaktadır.

Bu bağlamda özel duyular türler arası farklılığın ortaya konulmasında ve bu farklılıkların klinik açıdan öneminin yorumlanmasında önem arz etmektedir.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., samet.tekin@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4116-6720

kirdeklerdir. Bu çekirdekler, hipotalamus ve limbik sistemin temel bölgeleriyle bağlantılıdır ve çoğunlukla beslenme ve temel içgüdüsel davranışları düzenler. Deneylerde lateral koku alanları çıkarılan hayvanlarda basit beslenme tepkileri (tükürük salgısı, dudak yalama gibi) devam ederken, sadece medyal sistem bırakıldığında bu temel tepkiler korunur. Bu da medyal alanın ilkel, temel düzeyde koku yanıtlarından sorumlu olduğunu ortaya koyar (3-6).

Lateral koku alanı, prepiriform ve piriform korteks ile amigdalanın kortikal bölümlerini içerir. Bu alanlardan çıkan yollar, özellikle bireyin önceki deneyimlerine bağlı olarak belirli yiyecekleri tercih etme ya da onlardan kaçınmayı öğrenmesini sağlar. Hipokampus başta olmak üzere limbik sistemin çeşitli bölümlerine sinyaller gönderir. Bu bağlantılar sayesinde kişi, daha önce bulantı ve kusma gibi olumsuz deneyim yaşadığı bir kokuyu algıladığında otomatik olarak bu gıdalardan kaçınır. Lateral alanın bir diğer özelliği, doğrudan paleokortekse (temporal lobun ön kısmında yer alan daha eski bir korteks bölgesi) sinyal göndermesidir. Bu alan, duyuusal sinyallerin talamusa uğramadan kortekse ulaştığı tek bölgedir.

Yeni keşfedilen koku yolu, dorsotalamik çekirdekten geçerek orbitofrontal korteksin lateroposterior bölgesine ulaşır. Bu yol, kokunun bilinçli şekilde değerlendirilmesini ve analiz edilmesini sağlar. Özellikle maymunlar üzerinde yapılan araştırmalara göre, bu yeni sistem kokuların daha karmaşık yorumlanmasında ve bilinçli algılanmasında kritik rol oynar (3-6).

## KAYNAKLAR

1. König, H. E., & Liebich, H.-G. (2020). *Veterinary anatomy of domestic animals: Textbook and colour atlas* (7th ed.). Thieme.
2. Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.
3. Noyan, A. (1998). *Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji*. Meteksan.
4. Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. L. (Eds.). (2019). *Ganong'un tıbbi fizyolojisi*. Nobel Tıp Kitabevleri.
5. Widmaier, E. P., Raff, H., & Strang, K. T. (2014). *Vander insan fizyolojisi: vücut fonksiyon mekanizmaları*. Güneş Tıp Kitabevleri.
6. Reece, W. O., & Swenson, M. J. (2008). *Dukes veteriner fizyoloji*. Yıldız, S.(Çev.), Medipres, Malatya.

## KAS FİZYOLOJİSİ

Burak Batuhan LAÇİN<sup>1</sup>

## | 5.1.GİRİŞ

Kas sistemi, vücutta hareketin sağlanmasından, duruşun korunmasından ve iç organların çalışmasının düzenlenmesinden sorumlu bir sistemdir. Temel olarak **kas dokusu** adı verilen özelleşmiş hücrelerden oluşur. Kas sistemi; iskelet, düz ve kalp kası olmak üzere **üç temel kas türünden (Şekil 1 ve Tablo 1)** oluşur. Her biri yapısal, işlevsel ve kontrol yönünden birbirinden farklıdır.

**Hareket:** Kaslar kemiklere bağlıdır ve kasıldıklarında kemikleri hareket ettirir.

**Duruş ve denge:** Sürekli çalışan kaslar vücudun dik durmasını sağlar.

**Isı üretimi:** Kas kasılmasıyla vücut ısısı oluşur (termogenez).

**Organların çalışması:** Kalp atımı, sindirim kanalındaki peristaltik hareketler gibi birçok işlem kaslarca sağlanır.

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji AD., bblacin@atauni.edu.tr,  
ORCID iD: 0000-0002-5701-3684

bir yapıdır. Bu bölümde, öncelikle iskelet kasının fizyolojik anatomisi detaylandırılmış, ardından kasılma mekanizmaları moleküler düzeyde açıklanmıştır. Kasın enerji metabolizması, lif tipleri, motor ünite organizasyonu ve kas yorgunluğu gibi konular fizyolojik süreçlerle bağlantılı biçimde ele alınmıştır.

Düz kas fizyolojisine yönelik bölümlerde ise, otonom kontrol altındaki kas yapılarına özgü uyarılma yolları, kasılma tipleri, kalsiyum iyonlarının belirleyici rolü ve hormonal/sinirsel düzenleme mekanizmaları ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Düz kasların, iskelet kaslarından farklı olarak çok daha geniş uyarılabilirlik yelpazesi ve tonik kasılma kapasitesine sahip olması, organların otonom işlevselliğinde kilit rol oynamaktadır.

Veteriner hekimlik uygulamalarında bu temel bilgilerin klinik karşılıkları; doğum yönetimi, kolik tedavisi, idrar retansiyonu, solunum hastalıkları ve damar sistemi bozukluklarının anlaşılması açısından kritik önemdedir.

## KAYNAKLAR

1. Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. *Textbook of Veterinary Anatomy*. Saunders Elsevier, 2010.
2. Reece, W. O. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. Wiley-Blackwell, 2015.
3. Frandson, R. D., Wilke, W. L., & Fails, A. D. *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. Wiley-Blackwell, 2009.
4. Guyton, A. C., & Hall, J. E. *Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier, 2021.
5. Silverthorn, D. U. *Human Physiology; An Integrated Approach*, Pearson. 2019.
6. Alberts, B. et al. *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.), Garland Science, 2015.
7. Fawcett, D. W. A *Textbook of Histology*, Chapman & Hall, 1994.
8. McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. *Exercise Physiology: Nutrition*, 2015.
9. Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. L. *Ganong's Review of Medical Physiology*, McGraw-Hill Education, 2019.

## KAN FİZYOLOJİSİ

Banu ATALAY<sup>1</sup>

## 6.1. GİRİŞ

Kan, vücudun dokuları arasında maddelerin taşınmasına ve diğer işlevlere aracılık eden kompleks bir sıvıdır. Sağlıklı yetişkin bir insanda kan hacmi yaklaşık 5-6 litre olup, bu miktar vücut ağırlığının yaklaşık %7'si kadardır (1, 2).

Kanın iç ortamın dengede tutulmasını yani homeostazı sürdürmeye yönelik çeşitli görevleri bulunmaktadır. Bunlar;

1. Eritrositlerin içerisindeki hemoglobin ile oksijenin dokulara taşınması
2. Lökositler ve plazmada bulunan bazı proteinler (immünglobülinler) vasıtasıyla vücudun savunması
3. Vücut ısısının dengeli bir şekilde dağıtılması (suyun ısısını yükseltmeden kalori bağlama özelliğinden)
4. Plazma proteinleri ile çeşitli hormon, enzim, nöromedyatör ve ilaç gibi maddelerin taşınması
5. Plazma proteinlerinin amfoterik özellikleri sayesinde, tampon özellik ile vücut pH'sını dengelenmesi
6. Plateletlerin pıhtılaşma özelliği ile kanamalarda aşırı kan kaybının önlenmesi (1, 3, 4).

Bileşim olarak kan, kan hücreleri (şekilli elemanlar) ve plazma ismi verilen sıvı kısımdan oluşmaktadır. Şekilli elemanlar eritrositleri (alyuvarlar, Red Blood Cell, RBC), lökositleri (akyuvarlar, White Blood Cell, WBC) ve trombosit-

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Batman Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, banu.atalay@batman.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1055-1829

Kanın transfüzyon amacıyla depolanması için kullanılan antikoagülanlar, Sitrat-Fosfat-Dekstroz-Adenin (CPDA-1) ve Asit-Sitrat-Dekstroz (ACD)'dir. CPDA-1 kullanılan kan, yaklaşık 35 güne kadar saklanabilirken, daha yüksek 2,3 difosfogliserat ve adenozin trifosfat seviyesini sürdürür. ACT uygulanan kan ise 21 gün süreyle depolanabilir. Heparin, plateletleri aktive ettiği için etkin bir şekilde kullanılmamaktadır (53).

### 6.18.1. Çapraz karşılaştırma yöntemi (Cross matching)

Çapraz karşılaştırma yöntemi veya cross matching prosedürü, doğrudan donörün kanının alıcıda meydana getirdiği reaksiyonu gösterir. Spesifik antiserum kullanılmaması haricinde kan tiplendirme yöntemine benzer. Majör çaprazlama, donörün eritrositlerinin alıcının serumu ile çaprazlanması, minör çaprazlama ise donörün serumu ile alıcının eritrositlerinin karşılaştırılması esasına dayanır. Pozitif son reaksiyon, hemoliz ve aglütinasyon şeklinde görünecektir (4, 16).

### 6.18.2. Kan transfüzyonu sonrası oluşabilecek advers reaksiyonlar

Kan ve kan bileşenlerinin transfüzyonu, immün veya nonimmün, akut veya kronik veya hemolitik veya nonhemolitik reaksiyonlar olarak sınıflandırılabilen çeşitli riskleri taşımaktadır. Ayrıca bulaşıcı hastalıklar, hemostatik anormallikler (pıhtılaşma faktörlerinin dilüsyonu, trombositopeni gibi), neonatal eritrolizis, hipotermi, immün baskılanma ve kan bileşenlerinin uygun olmayan tarzda hazırlanması ve uygulanması gibi immün veya immün olmayan reaksiyonlar da meydana gelebilir (50, 54). Saklama, transfüzyon süresince hastanın izlenmesi, uygun doz uygulanması, transfüzyondan önce çaprazlama yapılması ve şayet mümkünse daha önceden kan tipi belirlenmiş bir donörden kan transfüzyonu yapılması ve hassas bir şekilde hazırlama ile bu komplikasyonlar önlenebilecektir (55).

## KAYNAKLAR

1. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology, Tıbbi Fizyoloji. Prof. Dr. Hayrünnisa Çavuşoğlu (Çev. Ed.), Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri; Onuncu Edisyon, 2001.
2. McLaughlin D, Stamford J, White D. Human Physiology – İnsan Fizyolojisi (Aktümsek A, Çev. Ed.). Ankara; Nobel Yayın Dağıtım; 2010.
3. Barret KE, Barman SM, Boitano S, et al. Ganong'un Tıbbi Fizyolojisi. Alkaç Üİ (Çev. Ed.), Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri; 25. Baskı, 2018.
4. Yılmaz B. Fizyoloji. Ankara: Feryal Matbaacılık; İkinci Basım, 2000.
5. Raff H, Levitzky. Medical Physiology: A Systems Approach. The McGraw-Hill Companies; 2011.

6. Giorno R, Clifford JH, BeverlyS, et al. Hematology Reference Values Analysis by Different Statistical Technics and Variations with Age and Sex. *American Journal of Clinical Pathology*. 1980; 74, 765-770.
7. Goldenfarb PB, Bowyer FP, Hall E, et al. Reproducibility in the Hematology Laboratory: The Microhematocrit Determination. *American Journal of Clinical Pathology*. 1971, 56, 35-39.
8. Zwart A, van Assendelft OW, Bull BS, et al. Recommendations for reference method for haemoglobinometry in human blood (ICSH standard 1995) and specifications for international haemoglobinocyanide standard (4th edition). *Journal of Clinical Pathology*. 1996, 49, 271-274.
9. Widmaier EP, Raff H, Strang KT. *Vander İnsan Fizyolojisi-Vücut Fonksiyon Mekanizmaları* içinde. (Özgülener T, Solakođlu Z, Çev.Edit.). Ondördüncü Baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2018.
10. Sarma PR. Red Cell Indices. Walker HK, Hall WD, Hurst JW (Ed.). *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations* içinde. 3rd edition. Boston: Butterworths; 1990. 720-723. Chapter 152.
11. Kierszenbaum AL. Histoloji ve Hücre Biyolojisi. (Demir R, Çev.Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık; 2006.
12. Martínez-Castro J, Reyes-Cadena S, Felipe-Riverón E. Leukocytes Detection, Classification and Counting in Smears of Peripheral Blood. *Articulo de investigation*. 2014; Vol. 35, No. 1, Abril 2014, pp. 41-51.
13. Gröndahl G. Veterinary Hematology - An introduction. Boule Diagnostics, 33267, Edition 4, 2019.
14. Murray RK, Bender DA, Botham KM, et al. Harper'in Biyokimyası. Akdođan GG, Ersöz B, Turgan N, Çev.Ed.), İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri Ltd Şti; Yirmidokuzuncu Baskı, 2015.
15. Li S, Liu T, Li K, et al. Spectrins and human diseases. *Translational Research*. 2021; Volume 243, May 2022, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2021.12.009>
16. Aravindh S, Ninan J. Blood transfusion in anFbrookimals: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2021; 9(5): 357-361.
17. Tyrrell L, Rose G, Skukrı A, et al. Morphologic changes in red blood cells: An illustrated review of clinically important light microscopic findings. *The Malaysian Journal of Pathology*. 2021; 43(2): 219-239.
18. Nikinmaa M. Vertebrate red blood cells. Adaptations of function to respiratory requirements. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 1990.
19. Brooks MB, Harr KE, Seelig DM, et al (Eds) (2022). Schalm's veterinary hematology (New York, NY: Willey Blackwell).
20. Adams GC. A technique for measurement of erythrocyte diameters. *Journal of Clinical Pathology*. 2010; 7: 76-78.
21. Tood JC. Clinical Diagnosis by Laboratory Methods. Philadelphia, PA, USA: Lippincott, Williams and Wilkins; 1979.
22. Wood D, Quiroz-Rocha GF. Normal hematology of cattle. Weiss DJ, Wordrop KJ (Eds), *Schalm's Veterinary Hematology* içinde. Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell Publishing Ltd; 6th ed., 2010. p829-835.
23. Byers SR., Kramer JW. Normal hematology of sheep and goats. Weiss DJ, Wordrop KJ (Eds), *Schalm's Veterinary Hematology* içinde. Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell Publishing Ltd, 6th ed. 2010. p836-842.
24. Lording PM. Erythrocytes. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 2008; 24: 225-237.

25. Grondin TM, Dewitt SF. Normal hematology of the horse and donkey. Weiss DJ, Wordrop KJ (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology* içinde. Ames, Iowa, USA: Wiley- Blackwell Publishing Ltd, 6th ed., 2010. p821-828.
26. Meinkoth JH, Clinkenbeard KD. Normal hematology of the dog. Feldman BF, Zinkl JG, Jain NC (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology* içinde. Philadelphia, PA, USA: Lippincott, Williams and Wilkins; 5th ed., 2000. p1057-1063.
27. Brun-Hansen HE, Kampen AH, Lund A. Hematologic values in calves during the first 6 months of life. *Veterinary Clinical Pathology*. 2006; 35(2): 182-187.
28. Malikides N, Mollinon PJ, Reid WJ, et al. Haematological responses of repeated large volume blood collection in the horse. *Research in Veterinary Science*. 2000; 68: 275-278.
29. Rizzi TE, Meinkoth JH, Clinkenbeard KD. Normal hematology of the dog. Weiss DJ, Wordrop KJ (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology* içinde. Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell Publishing Ltd, 6th ed., 2010. p799-810.
30. Adili N, Melizi M, Belabbas H. Species determination using the red blood cells morphometry in domestic animals. *Veterinary World*, 2016. EISSN: 2231-0916. doi:10.14202/vetworld.2016.960-963
31. Hardison RC. A brief history of hemoglobins: Plant, animal, protist, and bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1996; Vol. 93, pp. 5675-5679.
32. Andersen CBF, Torvund-Jensen M, Nielsen MJ, et al. Structure of the haptoglobin-haemoglobin complex. *Nature*. 2012; 456. 489. doi:10.1038/nature11369
33. Gürgey A. Anormal hemoglobinler. *HematoLog*. 2014; 1, 134-145.
34. Tripirux U, Naek P, Kitthipongvivat C, et al. Methemoglobin and Sulfhemoglobin Levels in Students of Walailak University. *Walailak Journal of Science and Technology*. 2008; 5(2): 173-180.
35. Ropes MW, Rossmeisl E, Bauer W. The relationship between the erythrocyte sedimentation rate and the plasma proteins. *The Journal of Clinical Investigation*. 1939, 18 (6), 791-798.
36. Sowemimo-Coker SO. Red Blood Cell Hemolysis During Processing. *Transfusion Medicine Reviews*. 2002; Vol 16, No 1 (January): pp 46-60.
37. Ertuğrul L. Fizyoloji. İstanbul: Akademi Basın ve Yayıncılık, ISBN: 978-97501795-3-2. Yenilenmiş 5. Baskı, 2023.
38. Köseoğlu M, Hur A, Atay A, et al. Effects of hemolysis interferences on routine biochemistry parameters. *Biochemia Medica*. 2011; 21(1): 79-85.
39. Berne RM, Levy MN, Koeppen BM. Fizyoloji. (Türk Fizyolojik Bilimler Derneği, Çev. Ed.). Ankara: Güneş Tıp Kitabevi; Beşinci Baskı, 2008.
40. Lydyard P, Whelan A, Fanger M. Bios Instant Notes: Immunology. (Erganiş O, Uçan US, Çev. Ed.), Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic Ltd Şti; Third Edition, 2013.
41. White SM, Tweardy D. Granulocyte colony-stimulating factor. Thomson AW, Lotze MT (Ed.), *The Cytokine Handbook* içinde. 4th Edition, ISBN 0-12-689663-1, London, 2003. Chapter 22, 525-546.
42. Schnipper N, Stassen HH, Kallinich T, et al. Image Analysis of Neutrophil Nuclear Morphology: Learning about Phenotypic Range and Its Reliable Analysis from Patients with Pelger-Huet-Anomaly and Treated with Colchicine. *Cytometry Part B (Clinical Cytometry)*. 2017; 92B:541-549.
43. Schultz C. Eosinophil. *General Internal Medicine and Clinical Innovations*. 2020; Volume 5: 1-2. doi: 10.15761/GIMCI.1000195
44. Blumenreich MS. The White Blood Cell and Differential Count. Walker HK, Hall WD, Hurst JW (Ed.). *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations* içinde. 3rd edition. Boston: Butterworths; 1990. 724-727. Chapter 153.

45. Noyan A. Fizyoloji. Yaşamda ve Hekimlikte. Meteksan Anonim Şirketi, Düzeltilmiş Sekizinci Baskı, 1993.
46. Silvestre-Ferreira AC, Pastor J. Feline Neonatal Isoerythrolysis and the Importance of Feline Blood Types. *SAGE-Hindawi Access to Research Veterinary Medicine International*. 2010; Article ID 753726. doi:10.4061/2010/753726
47. Üner AG, Kaya G and Oltu A. Prevention of predicted neonatal isoer edicted neonatal isoerythrolysis with jaundice foal olysis with jaundice foal agglutination test in a newborn foal. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences*. 2021; 36(6): 734-736. doi:10.3906/vet-1106-20
48. <https://www.research.uky.edu/division-laboratory-animal-resources/guidelines-blood-collection-laboratory-animals>.
49. Silvestre-Ferreira AC, Pastor J. Feline Neonatal Isoerythrolysis and the Importance of Feline Blood Types. *SAGE-Hindawi Access to Research Veterinary Medicine International*. 2010; Article ID 753726. doi:10.4061/2010/753726
50. Lanevski A, Wardrop KJ. Principles of Transfusion Medicine in Small Animals. *Canadian Veterinary Journal*. 2001; 42: 447-454.
51. Hansen K. Canine and Feline Transfusion Medicine. *Vet Folio*. 2019; March 8, 82019.
52. Tiwari AJ, Balekar NS, Jain DK. Blood Group System and Blood Transfusion of Animals. *Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2009;1(2):50-54.
53. Kumar R. Blood transfusion in veterinary medicine. *Hematology & Transfusion International Journal*. 2017;4(4):116-122.
54. Battaglia AM. Small Animal Transfusion Medicine. In: Small Animal Emergency and Critical Care, W.B. Saunders, 2000; 57-71.
55. Bistner SI, Ford RB, Raffé MR. Therapeutic Procedures and Techniques. Ford RB, Mazzaferro E (Ed.), Kirk and Bistner's Handbook of Veterinary Procedures and Emergency Treatment içinde. WB Saunders ed. 7th ed. 2002; 571-582.

## DOLAŞIM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Gökçen GÜVENÇ BAYRAM<sup>1</sup>

## 7.1. DOLAŞIM SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ VE TEMEL GÖREVLERİ

Dolaşım sistemi, organizmada hayati öneme sahip taşımadan sorumlu kapalı bir sistemdir. Temel olarak üç ana bileşenden oluşur: *kalp*, *damarlar* ve *kan*. Bu sistem, hücrelerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için gerekli olan oksijen (O<sub>2</sub>) ve besin maddelerini dokulara ulaştırırken, metabolik atıkları ve karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) dokulardan uzaklaştırır. Aynı zamanda hormonların, bağışıklık hücrelerinin, trombositlerin, elektrolitlerin ve ısının vücut içinde kontrollü bir şekilde taşınmasını sağlar. Dolaşım sistemi sadece bir taşıma ağı olmanın ötesinde, organizmanın iç dengesinin (homeostazın) korunmasında da kritik rol oynar. Hücrelerin etrafını saran interstisyel sıvı ortamı, hücresel işlevlerin devamlılığı için belirli sınırlar içinde sabit tutulmalıdır. Dolaşım sistemi, pH, iyon dengesi, sıvı hacmi ve ozmolaritenin düzenlenmesine katkıda bulunarak, hücre dışı sıvı ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin korunmasını sağlar.

Vücuttaki tüm hücreler ve bu hücrelerde gerçekleşen metabolik süreçler, her kalp atımıyla sağlanan sürekli kan akışına bağlıdır. Bu nedenle dolaşım sistemi, vücudun ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde özel olarak yapılandırılmıştır. Dolaşım sistemi, birbirine seri olarak bağlanmış iki ana dolaşımdan oluşur: akciğerleri kapsayan pulmoner dolaşım ve tüm vücuda kan taşıyan sistemik dolaşım. Her iki dolaşımda da kan, kalpten arterler ve arterioller yoluyla dokulara iletilir; kapiller düzeyde hücrelerle madde alışverişi gerçekleştirilir ve ardından venüller ve venler aracılığıyla kalbe geri döner. Kalp, bu sistemi yöneten kaslı bir pompa

<sup>1</sup> Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD.,  
gokcen.guvencbayram@deu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1413-3651

glukokortikoid fazlalığı hem kan hacmini artırır hem de RAAS'ı uyararak hipertansiyon gelişimini destekler. Primer hiperaldosteronizm, özellikle yaşlı kedilerde sık görülen bir durumdur. Aldosteron fazlalığı, Na<sup>+</sup> retansiyonu ve K<sup>+</sup> kaybı ile birlikte kan hacmini artırır ve böylece arteriyel basınç yükselir. Hipertiroidizm, kalp atım hızını ve atım hacmini artırarak hipertansiyona katkı sağlar. Diabetes mellitus hastalarında ise hiperglisemiye bağlı sıvı tutulumu ve RAAS aktivasyonu, sistemik kan basıncını yükselten diğer mekanizmalardandır (6,11,12,23).

## KAYNAKLAR

1. Berne RM, Levy MN. *Cardiovascular physiology*, 8th ed. St Louis, MO: Mosby Year Book; 2000.
2. Boron WF, Boulpaep EL (eds) *Medical physiology*, 2nd ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2008.
3. Boulpaep EL. Organization of the cardiovascular system. Boron WF, Boulpaep EL (eds) *Medical physiology* içinde, 2nd edn. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009
4. Braunwald E, Ross J Jr, Sonnenblick EJ. *Mechanisms of contraction of the normal and failing heart*. Boston: Little, Brown; 1968.
5. Breves G, Gäbel G, Diener M, von Engelhardt W. *Veteriner fizyoloji*. Öztürk H, çev. ed. Leipzig: Deutsche Nationalbibliothek; 2020.
6. Cohen PF. Cardiac pumping action and its regulation. In: Cohen PF, Brown EJ Jr, Vlay SC (eds.) *Clinical cardiovascular physiology*. Philadelphia: W.B. Saunders; 1985.
7. Craig Sharp NC. Animal athletes: A performance review. *Veterinary Record*. 2012; 171(4):87-94. doi: 10.1136/vr.e4966
8. Çelebi F. *Veteriner hekimliği fizyoloji akıl notları*. 1. ed. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2024.
9. Das PK, Sejian V, Mukherjee J, Banerjee D (eds.) *Textbook of veterinary physiology*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd; 2023. doi:10.1007/978-981-19-9410-4
10. Dzialowski EM, Crossley DA. The cardiovascular system. In: Scanes CG (ed.) *Sturkie's avian physiology*. 6th ed. London: Academic Press; 2015. p. 193–283.
11. Erickson HH, Detweiler DK. Control mechanisms of the circulatory system. In: Reece WO (ed.) *Dukes' physiology of domestic animals*. 12th ed. Ithaca, NY: Cornell University Press; 2004. p. 275–302.
12. Ganong WF, Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. *Review of medical physiology*. New York: McGraw-Hill Medical; 2015.
13. Grant AO. Cardiac ion channels. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2009; 2:185–194.
14. Hall JE. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. 13th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2015.
15. Katz AM. *Physiology of the heart*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
16. King AS. *The cardiorespiratory system*. Oxford: Blackwell Science; 1999.
17. Klein BG. *Cunningham's textbook of veterinary physiology*. 5th ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2013.
18. Marengo FD, Márquez MT, Bonazzola P, Ponce-Hornos JE. The heart extrasystole: an energetic approach. *Am J Physiol*. 1999. 276(45): H309–H316. doi: 10.1152/ajpheart.1999.276.1.H309
19. Mohrman DE. *Cardiovascular physiology*. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2010.

20. Monfredi O, Maltsev VA, Lakatta EG. Modern concepts concerning the origin of the heartbeat. *Physiology*. 2013; 28:74–92.
21. Pappano AJ, Wier WG. *Cardiovascular physiology*. 10th ed. Philadelphia: Mosby; 2013.
22. Reece WO, Erickson HH, Goff JP, Uemura EE. *Dukes' physiology of domestic animals*. 13th ed. Ames, IA: John Wiley Blackwell; 2015.
23. Reece WO, Erickson HH, Goff JP, Uemura EE. *Functional anatomy and physiology of domestic animals*. 5th ed. Ames, IA: Wiley Blackwell; 2015.
24. Yaman K. *Fizyoloji*. 4. ed. Bursa: Ezgi Kitabevi; 2009.

## SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Mehmet EKİCİ<sup>1</sup>

### 8. 1. GİRİŞ: SOLUNUM SİSTEMİNİN TEMEL ROLLERİ

Solunum, oksijenin dış ortamdan hücrelerdeki mitokondrilere getirilmesi ve metabolizma sonucu oluşan karbondioksitin dışarı atılması için gerekli tüm süreçleri kapsamaktadır. Solunum sistemi, canlı organizmaların hayatta kalması için hayati öneme sahip birçok fizyolojik süreci destekler. Bu sistemin yapısal özellikleri, hayvanların çevreleriyle gaz alışverişi yapmasına olanak tanırken; aynı zamanda asit-baz dengesi, ısı düzenlemesi, bağışıklık savunması gibi yaşamsal fonksiyonlara da katkı sağlar. Evcil ve yabani hayvan türlerinde, metabolik ihtiyaçların farklılığına bağlı olarak solunum sisteminin iş yükü ve kapasitesi değişiklik gösterir.

#### 8. 1.1. O<sub>2</sub> Alımı ve CO<sub>2</sub> Atılımı

Memelilerde solunum, havanın bronşiyal ağaç boyunca alveollere taşınmasıyla başlar; burada O<sub>2</sub>, alveol-kapiller membranından difüzyonla kana geçer. O<sub>2</sub>, dokulara taşınıp mitokondriye difüzyonla ulaşır; mitokondrilere karbohidrat, yağ ve amino asit oksidasyonu sonucu ATP üretilir ve CO<sub>2</sub> açığa çıkar. CO<sub>2</sub>, önce hücresel kana, sonra alveollere ve ekspirasyonla dış ortama atılır. Gaz değişimi terminal bronşiollerdeki hava boşluklarında gerçekleşir. Solunumun temel işlevi, O<sub>2</sub> alımını ve CO<sub>2</sub> atılımını sağlayarak hücresel enerji üretimi ve homeostazi güvenceye almaktır. Memeliler, gaz değişim yüzeyi, solunum hızı, hemoglobin kinetiği ve kardiyovasküler entegrasyonla ekolojik ihtiyaçlarına göre verimliliği optimize eder (1).

<sup>1</sup> Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Fizyolojisi AD., mehmetekici@cumhuriyet.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2163-6214

- » Solunumun sinirsel ve kimyasal kontrol mekanizmalarını tanımlayabilme.
- » Solunum fonksiyonlarındaki türler arası farklılıkları ve adaptasyonları ayırt edebilme.
- » Solunum sistemi hastalıklarının patofizyolojisini ve klinik belirtilerini yorumlayabilme.

### **Anahtar Kavramlar**

1. Solunum, gaz değişimi ve homeostazın sürdürülmesi için kritik bir fizyolojik süreçtir.
2. Ventilasyon, alveoler gaz değişimi ve dokularda O<sub>2</sub> ile CO<sub>2</sub> taşınması, solunumun temel bileşenleridir.
3. Solunum sistemi, mukosilyer klirens ve alveoler makrofajlar ile immün savunma sağlar.
4. Türler arası farklılıklar, metabolik hız ve çevresel koşullara uyum gereksinimi ile şekillenir.
5. Solunum kontrolü, merkezi (medulla, pons) ve periferik kemoreseptörler tarafından düzenlenir.
6. Solunum hastalıklarının mekanizmaları ve klinik belirtileri, tanı ve tedavi için kritik öneme sahiptir.
7. Solunum fonksiyonları, arteriyel kan gazı analizi ve pulmoner fonksiyon testleri ile değerlendirilir.

## **KAYNAKLAR**

1. Reece WO. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 12th ed. Ithaca (NY): Cornell University Press; 2004.
2. Guyton AC, Hall JE. *Textbook of Medical Physiology*. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2020
3. Hill RW, Wyse GA, Anderson M. *Animal Physiology*. 4th ed. Sinauer Associates; 2016.
4. Schmidt-Nielsen K. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. 5th ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1997.
5. Klein BG. *Cunningham's textbook of veterinary physiology*. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2020.
6. Schmidt-Nielsen K. *Animal physiology: adaptation and environment*. 5th ed. Cambridge: Cambridge University Press; 1997.
7. Das PK, Sejian V, Mukherjee J, Banerjee D, editors. *Textbook of veterinary physiology*. Singapore: Springer; 2023. p. 513–568.
8. West JB. *Respiratory Physiology: The Essentials*. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
9. Ettinger SJ, Feldman EC, Côté E. *Textbook of veterinary internal medicine*. 8th ed. St. Louis: Elsevier; 2017.
10. Maina JN. *The lung-air sac system of birds*. Heidelberg: Springer; 2005.

11. Perry SF, Lambertz M, Schmitz A. Respiratory biology of animals: evolutionary and functional morphology. Oxford: Oxford University Press; 2019.
12. Parent RA. Comparative biology of the normal lung. 2nd ed. San Diego: Academic Press; 2015.
13. Lamont LA, Grimm KA, Robertson SA, Love L, Schroeder CA, editors. Veterinary anesthesia and analgesia: the sixth edition of Lumb and Jones. 6th ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons; 2024.

## SİNDİRİM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

Mehmet BAŞEĞMEZ<sup>1</sup>

## 9.1. GİRİŞ

Canlılar, yaşamlarını sürdürebilmek ve çevresel faktörlere karşı uyum sağlayabilmek için sürekli enerji tüketmek zorundadır. Hareket etme, büyüme, üreme, doku yenilenmesi, vücut sıcaklığının dengelenmesi ve hücresel düzeydeki metabolik faaliyetlerin tamamı enerjiye bağımlıdır. Bu enerji, doğrudan dış çevreden alınan besin maddelerinin sindirim sistemi aracılığıyla işlenmesi sonucu elde edilir.

Vücudun yaşamsal fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için ihtiyaç duyduğu tüm maddeler **besin öğeleri** olarak adlandırılır. Besin öğeleri, vücudun gereksinim duyduğu organik bileşikler olan proteinler, karbonhidratlar ve lipitlerdir. Bu organik bileşikler organizmada enerji gerektiren fizyolojik süreçler için temel öneme sahiptir. Bu öğeler, yalnızca metabolik faaliyetlerin sürdürülmesinde enerji kaynağı olarak değil, aynı zamanda hücre yapılarının oluşturulmasında temel yapı taşları olarak görev alır. Bununla birlikte, organizmanın sağlıklı bir şekilde işlev görebilmesi için, su ve mineral maddeler gibi inorganik bileşenlerin de yeterli miktarda alınması gereklidir. Bu maddeler, hücresel sıvı dengesinin korunması, enzimlerin çalışması, sinir iletimi ve kas kasılması gibi yaşamsal fizyolojik olaylarda önemli roller üstlenir (1).

Sindirim sistemi; ağızdan başlayıp anüse kadar uzanan, besin maddelerinin alınmasından başlayarak mekanik ve kimyasal sindirim süreçleriyle parçalanması, emilime hazır hale getirilmesi ve sindirim sonunda ortaya çıkan artık

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr., Pamukkale Üniversitesi Acıpayam Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü, mbasegmez@pau.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9994-1251

## 9.5.SONUÇ

Hayvanların sindirim sistemi, türlere özgü yapısal ve fizyolojik özellikleriyle, besin maddelerinin verimli bir şekilde sindirilmesi ve emilmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle ruminantlarda kompleks mide yapısı, besinlerin sindiriminde önemli avantajlar sunarken, bu sistemin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla sindirilebilirlik analizleri büyük önem taşımaktadır.

Sindirilebilirliğin doğru bir şekilde ölçülmesi, hayvanın enerji ve besin maddesi gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik etkili ve sürdürülebilir besleme stratejilerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Hayvancılık ve gıda üretim sistemlerindeki dönüşümler doğrultusunda, değişen yem kaynakları, alternatif hammaddeler ve yan ürünlerin hayvan beslenmesinde değerlendirilmesine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu bağlamda, hayvanların fizyolojik sindirim süreçlerini daha gerçekçi şekilde yansıtan, hızlı, güvenilir ve ekonomik analiz yöntemlerinin geliştirilmesi hem akademik çalışmalar hem de endüstriyel uygulamalar açısından öncelikli bir hedef olmalıdır. Formun Üstü

## KAYNAKLAR

1. Sjaastad OV, Sand O & Hove K. *Physiology of Domestic Animals*. 3rd ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press; 2016.
2. Bölükbaşı MF. *Fizyoloji Ders Kitabı*. Ankara: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları; 1989.
3. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. *Textbook of veterinary anatomy*. E-Book (4nd ed). Elsevier Health Sciences; 2009.
4. Morris JG. Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. *Nutrition research reviews*. 2002;15(1):153-68. <https://doi.org/10.1079/NRR200238>
5. Wu G. *Principles of animal nutrition*. CRC Press Boca Raton: Taylor & Francis; 2018.
6. Buff PR, Carter RA, Bauer JE, Kersey JH. Natural pet food: a review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. *Journal of animal science*. 2014;92(9):3781-91. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7789>
7. Lee S, Lee K, Kim H, An J, Han J, Lee T, et al. Comparison of dental radiography and computed tomography: measurement of dentoalveolar structures in healthy, small-sized dogs and cats. *Journal of veterinary science*. 2020;21(5): e75. <https://doi.org/10.4142/jvs.2020.21.e75>
8. Pekel AY, Mülazımog lu SB, Acar N. Taste preferences and diet palatability in cats. *Journal of Applied Animal Research*. 2020; 48:281–292
9. He W, Connolly ED, Wu G. Characteristics of the Digestive Tract of Dogs and Cats. *Advances in experimental medicine and biology*. 2024;1446:15-38. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6\_2
10. Gil F, Arencibia A, García V, Ramírez G, Vázquez JM. Anatomic and magnetic resonance imaging features of the salivary glands in the dog. *Anatomia, histologia, embryologia*. 2018;47(6):551-9. <https://doi.org/10.1111/ahe.12396>

11. Harrison JD, Fouad HM, Garrett JR. Variation in the response to ductal obstruction of feline submandibular and sublingual salivary glands and the importance of the innervation. *Journal of oral pathology & medicine: official publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology*. 2001;30(1):29-34. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0714.2001.300105.x>
12. Wu G. Recent Advances in the Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats. *Advances in experimental medicine and biology*. 2024; 1446:1-14. DOI: 10.1007/978-3-031-54192-6\_1
13. Nelson JH, Jensen RG, Pitas RE. Pregastric esterase and other oral lipases a review. *Journal of dairy science*. 1977;60(3):327-62. DOI: 10.3168/jds. S0022-0302(77)83873-3
14. Li X, Li W, Wang H, Cao J, Maehashi K, Huang L, et al. Pseudogenization of a sweet-receptor gene accounts for cats' indifference toward sugar. *PLoS Genetics*. 2005;1(1):27-35. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0010003>
15. Li X, Li W, Wang H, Bayley DL, Cao J, Reed DR, et al. Cats lack a sweet taste receptor. *The Journal of nutrition*. 2006;136(7):1932S-1934S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.7.1932S>
16. Emås S, Grossman MI. Comparison of gastric secretion in conscious dogs and cats. *Gastroenterology*. 1967;52(1):29-34.
17. Bourreau J, Hernot D, Bailhache E, Weber M, Ferchaud V, Biourge V, et al. Gastric emptying rate is inversely related to body weight in dog breeds of different sizes. *The Journal of nutrition*. 2004;134(8):2039S-2041S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.2039S>
18. Goggin JM, Hoskinson JJ, Kirk CA, Jewell D, Butine MD. Comparison of gastric emptying times in healthy cats simultaneously evaluated with radiopaque markers and nuclear scintigraphy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1999; 40(1), 89-95. DOI: 10.1111/j.1740-8261.1999.tb01845.x
19. Carrière F, Moreau H, Raphel V, Laugier R, Benicourt C, Junien JL, et al. Purification and biochemical characterization of dog gastric lipase. *European journal of biochemistry*. 1991;15;202(1):75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1991.tb16346.x>
20. Knosp C, Plendl J. Histochemical demonstration of lipase activity in the gastric mucosa of the cat. *Anatomia, histologia, embryologia*, 1997;26(4):303-4. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.1997.tb00140.x>
21. Pansu D, Vagne M, Reinberg A, Mechkouri M. Circannual and circa-hemiannual rhythms of basal and stimulated gastric secretion in conscious cats. *Chronobiology international*. 1987;4(1):59-67. <https://doi.org/10.1080/07420528709078509>
22. Vaillant C, Horadagoda NU, Batt RM. Cellular localization of intrinsic factor in pancreas and stomach of the dog. *Cell and tissue research*. 1990;260(1):117-22. DOI:10.1007/BF00297496
23. Siani G, Mercaldo B, Alterisio MC, Di Loria A. Vitamin B12 in Cats: Nutrition, Metabolism, and Disease. *Animals: an open access journal from MDPI*. 2023;26;13(9):1474. <https://doi.org/10.3390/ani13091474>
24. Kararli TT. Comparison of the gastrointestinal anatomy, physiology, and biochemistry of humans and commonly used laboratory animals. *Biopharmaceutics & drug disposition*; 1995;16(5):351-80. <https://doi.org/10.1002/bdd.2510160502>
25. Reece WO, Rowe EW. *Functional anatomy and physiology of domestic animals*. 5 nd ed. John Wiley and Sons; 2017
26. Herring CM, Bazer FW, Wu G. Amino Acid Nutrition for Optimum Growth, Development, Reproduction, and Health of Zoo Animals. *Advances in experimental medicine and biology*. 2021; 1285:233-53. DOI: 10.1007/978-3-030-54462-1\_12
27. Li X, Zheng S, Wu G. Nutrition and Functions of Amino Acids in Fish. *Advances in experimental medicine and biology*. 2021; 1285:133-68. DOI: 10.1007/978-3-030-54462-1\_8
28. Washabau RJ, Day MJ. *Canine and feline gastroenterology*. Elsevier Health Sciences; 2012

29. Backus RC, Howard KA, Rogers QR. The potency of dietary amino acids in elevating plasma cholecystokinin immunoreactivity in cats is related to amino acid hydrophobicity. *Regulatory peptides*. 1997;26;72(1):31-[https://doi.org/10.1016/S0167-0115\(97\)01032-X](https://doi.org/10.1016/S0167-0115(97)01032-X)
30. Maskell IE, Johnson JV. *Digestion and absorption*. In: Burger I (ed) The waltham book of companion animal nutrition. Pergamon Press, Oxford, UK; 1993
31. Buddington RK. Postnatal changes in bacterial populations in the gastrointestinal tract of dogs. *American journal of veterinary research*. 2003;64(5):646-51. DOI: 10.2460/ajvr.2003.64.646
32. Buddington RK, Elnif J, Malo C, Donahoo JB. Activities of gastric, pancreatic, and intestinal brush-border membrane enzymes during postnatal development of dogs. *American journal of veterinary research*.2003;64(5):627-34. DOI: 10.2460/ajvr.2003.64.627
33. Benno Y, Nakao H, Uchida K, Mitsuoka T. Impact of the advances in age on the gastrointestinal microflora of beagle dogs. *The Journal of veterinary medical science*.1992;54(4):703-6. DOI: 10.1292/jvms.54.703
34. Frank DN, St Amand AL, Feldman RA, Boedeker EC, Harpaz N, Pace NR. Molecular-phylogenetic characterization of microbial community imbalances in human inflammatory bowel diseases. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007;21;104(34):13780-5. <https://doi.org/10.1073/pnas.070662510>
35. Suchodolski JS, Dowd SE, Westermarck E, Steiner JM, Wolcott RD, Spillmann T, et al. The effect of the macrolide antibiotic tylosin on microbial diversity in the canine small intestine as demonstrated by massive parallel 16S rRNA gene sequencing. *BMC Microbiology*. 2009; 2:9:210. DOI: 10.1186/1471-2180-9-210
36. Ritchie LE, Steiner JM, Suchodolski JS. Assessment of microbial diversity along the feline intestinal tract using 16S rRNA gene analysis. *FEMS microbiology ecology*. 2008;66(3):590-8. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00609.x>
37. Suchodolski JS, Ruaux CG, Steiner JM, Fetz K, Williams DA. Assessment of the qualitative variation in bacterial microflora among compartments of the intestinal tract of dogs by use of a molecular fingerprinting technique. *American journal of veterinary research*. 2005;66(9):1556-62. DOI: 10.2460/ajvr.2005.66.1556
38. Elliott DR, Wilson M, Buckley CM, Spratt DA. Cultivable oral microbiota of domestic dogs. *Journal of clinical microbiology*.2005;43(11):5470-6. <https://doi.org/10.1128/jcm.43.11.5470-5476.2005>
39. Johnston K, Lamport A, Batt RM. An unexpected bacterial flora in the proximal small intestine of normal cats. *The Veterinary record*. 1993;3;132(14):362-3. DOI: 10.1136/vr.132.14.362
40. Suchodolski JS, Camacho J, Steiner JM. Analysis of bacterial diversity in the canine duodenum, jejunum, ileum, and colon by comparative 16S rRNA gene analysis. *FEMS microbiology ecology*.2008;66(3):567-78.<https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00521.x>
41. Griffen WO, Richardson JD, Medley ES. Prevention of small bowel contamination by ileocecal valve. *Southern medical journal*.1971;64(9):1056-8. DOI: 10.1097/00007611-197109000-00006
42. Westermarck E, Skrzypczak T, Harmoinen J, Steiner JM, Ruaux CG, Williams DA et al. Tylosin-responsive chronic diarrhea in dogs. *Journal of veterinary internal medicine*. 2005;19(2):177-86. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2005.tb02679.x>
43. Zoetendal EG, Cheng B, Koike S, Mackie RI. Molecular microbial ecology of the gastrointestinal tract: from phylogeny to function. *Current issues in intestinal microbiology*. 2004;5(2):31-47.
44. Dupont B. An epidemiological review of systemic fungal infections. *Journal of Mycological Medicine*. 2002;12(4):163.
45. Davis CP, Cleven D, Balish E, Yale CE. Bacterial association in the gastrointestinal tract of beagle dogs. *Applied and environmental microbiology*.1977;34(2):194-206. DOI: 10.1128/aem.34.2.194-206.1977

46. Mentula S, Harmoinen J, Heikkilä M, Westermarck E, Rautio M, Huovinen P, et al. Comparison between cultured small-intestinal and fecal microbiotas in beagle dogs. *Applied and environmental microbiology*. 2005;71(8):4169-75. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.8.4169-4175.2005>
47. Suchodolski JS, Morris EK, Allenspach K, Jergens AE, Harmoinen JA, Westermarck E, et al. Prevalence and identification of fungal DNA in the small intestine of healthy dogs and dogs with chronic enteropathies. *Veterinary microbiology*. 2008;10;132(3-4):379-88. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.05.017>
48. Scupham AJ, Presley LL, Wei B, Bent E, Griffith N, McPherson M, et al. Abundant and diverse fungal microbiota in the murine intestine. *Applied and environmental microbiology*. 2006;72(1):793-801. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.1.793-801.2006>
49. Eckburg PB, Bik EM, Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M, et al. Diversity of the human intestinal microbial flora. *Science*. 2005;10;308(5728):1635-8. DOI: 10.1126/science.1110591
50. Zhang H, DiBaise JK, Zuccolo A, Kudrna D, Braidotti M, Yu Y, et al. Human gut microbiota in obesity and after gastric bypass. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2009;17;106(7):2365-70. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812600106>
51. Conway de Macario E, Macario AJ. Methanogenic archaea in health and disease: a novel paradigm of microbial pathogenesis. *International journal of medical microbiology*. 2009;299(2):99-108. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2008.06.011>
52. Mesquita JR, Barclay L, Nascimento MS, Vinjé J. Novel norovirus in dogs with diarrhea. *Emerging infectious diseases*. 2010;16(6):980-2. DOI: 10.3201/eid1606.091861
53. Mochizuki M, Hashimoto M, Ishida T. Recent epidemiological status of canine viral enteric infections and Giardia infection in Japan. *The Journal of veterinary medical science*. 2001;63(5):573-5. <https://doi.org/10.1292/jvms.63.573>
54. Suchodolski JS. Intestinal microbiota of dogs and cats: a bigger world than we thought. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 2011;41(2):261-72. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.12.006>
55. Sturgess CP, Canfield PJ, Gruffydd-Jones TJ, Stokes CR. A gross and microscopical morphometric evaluation of feline large intestinal anatomy. *Journal of comparative pathology*. 2001;124(4):255-64. <https://doi.org/10.1053/jcpa.2000.0460>
56. Evans HE, De Lahunta A. *Miller's anatomy of the Dog-E-Book: Miller's anatomy of the Dog-E-Book*. Elsevier health sciences; 2012.
57. Baum B, Meneses F, Kleinschmidt S, Nolte I, Hewicker-Trautwein M. Age-related histomorphologic changes in the canine gastrointestinal tract: a histologic and immunohistologic study. *World journal of gastroenterology*. 2007;7;13(1):152-7. DOI: 10.3748/wjg.v13.i1.152
58. Bueno AR, Cappel TG, Sunvold GD, Reinhart GA, Clemens ET. Feline colonic morphology and mucosal tissue energetics as influenced via the source of dietary fiber. *Nutrition Research*. 2000;20(7), 985-993.
59. Hallman JE, Wallace EA, Clemens ET. Protein source and their effects upon canine colonic morphology and mucosal energetics. *Nutrition Research*. 1993;13(11), 1273-1281.
60. Spinato MT, Barker IK, Houston DM. A morphometric study of the canine colon: comparison of control dogs and cases of colonic disease. *Canadian journal of veterinary research*. 1990;54(4):477-86.
61. Rolfe V. Colonic fluid and electrolyte transport in health and disease. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 1999;29(2):577-viii.
62. Kunzelmann K, Mall M. Electrolyte transport in the mammalian colon: mechanisms and implications for disease. *Physiological reviews*. 2002;82(1):245-89. <https://doi.org/10.1152/physrev.00026.2001>

63. Sparkes AH, Papasoulitiotis K, Sunvold G, Werrett G, Gruffydd-Jones EA, Egan K, et al. Effect of dietary supplementation with fructo-oligosaccharides on fecal flora of healthy cats. *American journal of veterinary research*.1998;59(4):436-40.
64. Willard MD, Simpson RB, Cohen ND, Clancy JS. Effects of dietary fructooligosaccharide on selected bacterial populations in feces of dogs. *American journal of veterinary research*.2000;61(7):820-5. DOI: 10.2460/ajvr.2000.61.820
65. Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Healy HP, Dawson KA, et al. Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. *The Journal of nutrition*. 2002;132(5):980-9. <https://doi.org/10.1093/jn/132.5.980>
66. Zentek J. Influence of diet composition on the microbial activity in the gastro-intestinal tract of dogs. I. Effects of varying protein intake on the composition of the ileum chyme and the faeces. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.1995;74(1-5), 43-52.
67. Balish E, Shih CN, Yale CE, Mandel AD. Effect of 30 months in a locked environment on the microbial flora of dogs. *Aviation, space, and environmental medicine*.1977;48(5):424-31.
68. Membrive CMB. *Anatomy and Physiology of the Rumen*. Millen DD, Arrigoni MDB, Pacheco RDL (Eds.) In Rumenology. Germany. Springer International Publishing; 2016.p 1-38
69. Clauss M, Hofmann RR, Streich WJ, Fickel J, Hummel J. Convergence in the macroscopic anatomy of the reticulum in wild ruminant species of different feeding types and a new resulting hypothesis on reticular function. *Journal of Zoology*.2010; 281(1), 26-38.
70. Hristov AN, Ahvenjarvi S, McAllister TA, Huhtanen P. Composition and digestive tract retention time of ruminal particles with functional specific gravity greater or less than 1.02. *Journal of Animal Science*. 2003 Oct;81(10):2639-48. <https://doi.org/10.2527/2003.81102639x>
71. Das PK, Sejian V, Mukherjee J, Banerjee D. (Eds.). *Textbook of veterinary physiology* (pp. 513-568). Singapore: Springer; 2023
72. Getahun D, Alemneh T, Akeberegn D, Getabalew M, Zewdie D. Urea metabolism and recycling in ruminants. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*. 2019;20(1), 14790-14796.
73. Klein TBG. *Cunningham Fisiología Veterinaria*. 6nd ed. China: Elsevier Health Sciences; 2020
74. Rémond D, Ortigues I, Jouany JP. Energy substrates for the rumen epithelium. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1995 Mar;54(1):95-105. DOI: 10.1079/pns19950040
75. Siciliano-Jones J, Murphy MR. Production of volatile fatty acids in the rumen and cecum-colon of steers as affected by forage: concentrate and forage physical form. *Journal of Dairy Science*. 1989;72(2):485-92. DOI: 10.3168/jds. S0022-0302(89)79130-X
76. Peters JP, Shen RY, Robinson JA. Disappearance of acetic acid from the bovine reticulorumen at basal and elevated concentrations of acetic acid. *Journal of Animal Science*. 1992;70(5):1509-17. DOI: 10.2527/1992.7051509x
77. Furness JB, Callaghan BP, Rivera LR, Cho HJ. The enteric nervous system and gastrointestinal innervation: integrated local and central control. *The microbiota-gut-brain axis in health and disease*. 2014; 817:39-71.
78. Parsons, David. "Basic anatomy and physiology." *Poultry Health: A Guide for Professionals* (2021): 1.
79. Proszkowiec-Weglarz, Monika. "Gastrointestinal anatomy and physiology." *Sturkie's avian physiology*. Academic Press, 2022. 485-527.
80. Liu HX, Rajapaksha P, Wang Z, Kramer NE, Marshall BJ. An Update on the Sense of Taste in Chickens: A Better Developed System than Previously Appreciated. *Journal of Nutrition Food Sciences*. 2018;8(2):686.

81. Kudo KI, Nishimura S, Tabata S. Distribution of taste buds in layer-type chickens: Scanning electron microscopic observations. *Animal Science Journal*, 2008; 79(6), 680-685.
82. Rajapaksha P, Wang Z, Venkatesan N, Tehrani KF, Payne J, Swetenburg RL, et al. Labeling and analysis of chicken taste buds using molecular markers in oral epithelial sheets. *Scientific reports*. 2016 Nov 17; 6:37247.
83. Ganchrow JR, Steiner JE, Bartana A. Behavioral reactions to gustatory stimuli in young chicks (*Gallus gallus domesticus*). *The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*. 1990;23(2):103-17.
84. Kudo K, Shiraishi J, Nishimura S, Bungo T, Tabata S. The number of taste buds is related to bitter taste sensitivity in layer and broiler chickens. *Animal Science Journal*. 2010;81(2):240-4.
85. Fritz J, Hammer S, Hebel C, Arif A, Michalke B, Dittmann MT, et al. Retention of solutes and different-sized particles in the digestive tract of the ostrich (*Struthio camelus massaicus*), and a comparison with mammals and reptiles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2012;163(1):56-65.
86. Laverty, Gary, and Erik Skadhauge. "Physiological roles and regulation of transport activities in the avian lower intestine." *Journal of Experimental Zoology* 283.4-5 (1999): 480-494.
87. Scanes, Colin G., and Sami Dridi, eds. *Sturkie's avian physiology*. Academic Press, 2021.

## METABOLİZMA VE ENERJİ DENGESİ

Ecem Yüksel GÜRLE ALBAYRAK<sup>1</sup>

## 10.1. GİRİŞ

**Metabolizma**, organizmanın enerji üretim ve tüketim süreçlerini içeren biyokimyasal reaksiyonların bütünüdür. Anabolizma ve katabolizma olmak üzere iki ana süreçten oluşmaktadır. Anabolizma küçük moleküllerden büyük ve karmaşık yapıların sentezlendiği, enerji gerektiren bir süreçtir. Katabolizma ise büyük moleküllerin daha küçük birimlere parçalandığı ve bu sırada enerjinin açığa çıktığı yıkım sürecidir. Bu iki süreç, hücresel düzeyde sürekli ve dengeli bir şekilde çalışarak canlının homeostazisini sürdürmektedir (1). Bu metabolik reaksiyonların verimli bir şekilde gerçekleşmesi canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gereken enerjinin sürekli olarak üretilmesini sağlamaktadır. Canlılar enerji üretmek adına besinler tarafından sağlanacak olan eksojen enerji kaynaklarına bağımlıdır. Her hayvan türü, beslenme alışkanlıklarına göre farklı besin maddelerinde bulunan kimyasal enerji kaynaklarını kullanarak yaşamsal fonksiyonlarını sürdürmektedir (2). Besinlerdeki ana enerji kaynakları karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir. Herbivorlar, bitkilerde bulunan yapısal karbonhidratları ve diğer besin maddelerindeki kimyasal enerjiyi kullanırken; karnivorlar, daha sıklıkla diğer canlıların dokularındaki protein ve yağlardan enerji sağlamaktadır. Omnivorlar ise hem bitkisel hem de hayvansal kaynaklardan gelen karbonhidrat, yağ ve proteinleri esnek bir şekilde metabolize edebilen adaptif bir enerji kullanım stratejisine sahiptir. Bu esneklik, sindirim enzimlerinin çeşitliliği, hepatik metabolik yolların regülasyonu ve endokrin sinyalleşmenin entegrasyonu

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Fizyolojisi AD., eygurle@mehmetakif.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9869-4308

**Tablo 10.9 100 kg canlı ağırlık başına atlar için önerilen günlük vitamin düzeyleri - Devamı**

Besin Ögesi	Birim	Tay	Binek Atlar	Yarış ve Damızlık Atlar
B5 Vitamini (Pantotenik asit)	mg	8-10	6-8	10-12
B6 Vitamini (Piridoksin)	mg	6	4	6
B12 Vitamini (Siyankobalamin)	µg	60-80	50-70	60-80
B3 Vitamini (Niasin)	mg	10-20	10-15	15-25
B9 Vitamini (Folik asit)	mg	6	4	8
B7 Vitamini (Biotin)	µg	200-300	200	200-300
K Vitamini	mg	3	2	3

BASF 2000'den uyarlanmıştır (88).

## KAYNAKLAR

- Arslan A. Metabolizmaya Genel Bakış, Anabolizma ve Katabolizma. In: *Sağlık Bilimleri için Biyokimya*. Ankara: Akademisyen Kitabevi; 2020. p.13–22.
- Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G. *Veteriner fizyoloji*. (Öztürk H, Çev. Ed.). Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri; 2019. p. 482–492.
- Gürdöl F. *Tıbbi Biyokimya*. 5. baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2021.
- Chandel NS. Carbohydrate metabolism. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2021;13(1):a040568.
- Mergenthaler P, Lindauer U, Dienel GA, et al. Sugar for the brain: the role of glucose in physiological and pathological brain function. *Trends in Neurosciences*, 2013;36(10):587–597.
- Patino SC, Orrick JA. Biochemistry – Glycogenolysis. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549820/>
- Liu H, Wang S, Wang J, et al. Energy metabolism in health and diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 2025;10(1):69.
- Ahmad M, Wolberg A, Kahwaji CI. Biochemistry, electron transport chain. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2018.
- Melkonian EA, Schury MP. Biochemistry, anaerobic glycolysis. In: *StatPearls* [Internet]. 2019.
- Arnold PK, Finley LW. Regulation and function of the mammalian tricarboxylic acid cycle. *Journal of Biological Chemistry*, 2023;299(2).
- Alabduladhem TO, Bordoni B. Physiology, Krebs cycle. In: *StatPearls* [Internet]. 2022.
- Deshpande OA, Mohiuddin SS. Biochemistry, oxidative phosphorylation. In: *StatPearls* [Internet]. 2023.
- Nolfi-Donagan D, Braganza A, Shiva S. Mitochondrial electron transport chain: oxidative phosphorylation, oxidant production, and methods of measurement. *Redox Biology*, 2020;37:101674.

14. Wang G, Zhu Y, Feng D, et al. Hepatic gluconeogenesis and regulatory mechanisms in lactating ruminants: a literature review. *Animal Research and One Health*, 2024. <https://doi.org/10.1002/aro2.80>
15. Melkonian EA, Asuka E, Schury MP. Physiology, gluconeogenesis. In: *StatPearls* [Internet]. 2019.
16. TeSlaa T, Ralsler M, Fan J, et al. The pentose phosphate pathway in health and disease. *Nature Metabolism*, 2023;5(8):1275–1289.
17. Stincone A, Prigione A, Cramer T, et al. The return of metabolism: biochemistry and physiology of the pentose phosphate pathway. *Biological Reviews*, 2015;90(3):927–963.
18. Cockcroft S. Mammalian lipids: structure, synthesis and function. *Essays in Biochemistry*, 2021;65(5):813–845.
19. Chandel NS. Lipid Metabolism. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2021;13(9):a040576.
20. Dukes HH, Reece WO (ed.). *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 12th edition. Ithaca, NY: Comstock Publishing Associates / Cornell University Press; 2004. p.499–588.
21. Mashima T, Seimiya H, Tsuruo T. De novo fatty-acid synthesis and related pathways as molecular targets for cancer therapy. *British Journal of Cancer*, 2009;100(9):1369–1372.
22. Shi Y, Cheng D. Beyond triglyceride synthesis: the dynamic functional roles of MGAT and DGAT enzymes in energy metabolism. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2009;297(1):E10–E18.
23. Yen CLE, Stone SJ, Koliwad S, et al. Thematic review series: glycerolipids. DGAT enzymes and triacylglycerol biosynthesis. *Journal of Lipid Research*, 2008;49(11):2283–2301.
24. Brasaemle DL. Thematic review series: adipocyte biology. The perilipin family of structural lipid droplet proteins: stabilization of lipid droplets and control of lipolysis. *Journal of Lipid Research*, 2007;48(12):2547–2559.
25. Bartlett K, Eaton S. Mitochondrial  $\beta$ -oxidation. *European Journal of Biochemistry*. 2004;271(3):462–469.
26. Ringseis R, Keller J, Eder K. Regulation of carnitine status in ruminants and efficacy of carnitine supplementation on performance and health aspects of ruminant livestock: a review. *Archives of Animal Nutrition*. 2018;72(1):1–30.
27. Laffel L. Ketone bodies: a review of physiology, pathophysiology and application of monitoring to diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 1999;15(6):412–426.
28. Faulkner R, Jo Y. Synthesis, function, and regulation of sterol and nonsterol isoprenoids. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 2022;9:1006822.
29. Di Ciaula A, Garruti G, Baccetto RL, et al. Bile acid physiology. *Annals of Hepatology*, 2018;16(1):4–14.
30. Chakraborty S, Pramanik J, Mahata B. Revisiting steroidogenesis and its role in immune regulation with the advanced tools and technologies. *Genes & Immunity*, 2021;22(3):125–140.
31. Cook JA. Eicosanoids. *Critical Care Medicine*. 2005;33(12):S488–S491.
32. Sanvictores T, Farci F. Biochemistry, primary protein structure. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020. Available from: <https://europepmc.org/article/NBK/nbk564343>.
33. Klein BG. *Veteriner fizyoloji*. (Gülay MŞ, Çev. Ed.). 6. baskı. Malatya: Medipress; 2023. p. 361–367.
34. Wójcik W, Łukasiewicz M, Puppel K. Biogenic amines: formation, action and toxicity – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021;101(7):2634–2640.
35. Cooper AJ. The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in cerebral ammonia homeostasis. *Neurochemical Research*. 2012;37(11):2439–2455.
36. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. *Harper's Illustrated Biochemistry*, 32. baskı. New York: McGrawHill; 2022. p. 406–408.

37. Morris JG, Rogers QR. Ammonia intoxication in the near-adult cat as a result of a dietary deficiency of arginine. *Science*. 1978;199(4327):431–432.
38. D'Andrea G. Classifying amino acids as gluco (glyco) genic, ketogenic, or both. *Biochemical Education*, 2000;28(1):27–28.
39. Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 2005;88:E9–E21.
40. Tan Z, Murphy MR. Ammonia production, ammonia absorption, and urea recycling in ruminants: a review. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2004;13:389–404.
41. Geçkil H. *Biyokimya I*. 1. baskı. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Yayınları; 2009.
42. Green AS, Fascetti AJ. Meeting the vitamin A requirement: The efficacy and importance of  $\beta$ -carotene in animal species. *Journal of Animal Science*, 2016(1):7393620.
43. D'Ambrosio DN, Clugston RD, Blaner WS. Vitamin A metabolism: an update. *Nutrients*, 2011;3(1):63–103. doi:10.3390/nu3010063.
44. Schweigert FJ, Ryder OA, Rambeck WA, et al. The majority of vitamin A is transported as retinyl esters in the blood of most carnivores. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Physiology*, 1990;95(4):573–578. doi:10.1016/0300-9629(90)90741-a.
45. Khan RU et al. Pros and cons of dietary vitamin A and its precursors in animals. *Antioxidants (Basel)*. 2023;12(5):1131.
46. Christakos S, Ajibade DV, Dhawan P, Fechner AJ, Mady LJ. Vitamin D: metabolism. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 2010;39(2):243–253.
47. Schmözl L, Birringer M, Lorkowski S, et al. Complexity of vitamin E metabolism. *World Journal of Biological Chemistry*, 2016;7(1):14.
48. Van Vleet JF, Ferrans VJ. Etiologic factors and pathologic alterations in selenium-vitamin E deficiency and excess in animals and humans. *Biological Trace Element Research*. 1992;33(1):1–21.
49. Hauschka PV, Lian JB, et al. Osteocalcin and matrix Gla protein: vitamin K-dependent proteins in bone. *Physiological Reviews*, 1989;69(3):990–1047.
50. Mezick JA, Settlemire et al. Erythrocyte membrane interactions with menadione and the mechanism of menadione-induced hemolysis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 1970;219(2):361–371.
51. Boyd JW, Walton JR. Cerebrocortical necrosis in ruminants: an attempt to identify the source of thiaminase in affected animals. *Journal of Comparative Pathology*. 1977;87(4):581–589.
52. Gonçalves AC, Portari GV. The B-complex vitamins related to energy metabolism and their role in exercise performance: a narrative review. *Science & Sports*, 2021;36(6):433–440.
53. Perry CA, Butterick TA. Biotin. *Advances in Nutrition*. 2024;15(7):100251.
54. Whitehead CC. The use of biotin in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 1977;33(3):140–154.
55. Hanna M, Jaqua E, Nguyen V, et al. Vitamins: functions and uses in medicine. *Permanente Journal*, 2022;26(2):89–97.
56. Takahashi-Íñiguez T, García-Hernandez E, Arreguín-Espinosa R, et al. Role of vitamin B12 on methylmalonyl-CoA mutase activity. *Journal of Zhejiang University Science B*, 2012;13(6):423–437.
57. Drouin G, Godin JR, Pagé B. The genetics of vitamin C loss in vertebrates. *Current Genomics*, 2011;12(5):371–378.
58. Yu E, Sharma S. Physiology, calcium. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482128/>
59. Penido MGM, Alon US. Phosphate homeostasis and its role in bone health. *Pediatric Nephrology*, 2012;27(11):2039–2048.

60. Martens H, Rayssiguier Y. Magnesium metabolism and hypomagnesaemia. In: Ruckebusch Y, Thivend P, editors. *Digestive physiology and metabolism in ruminants: proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology, held at Clermont-Ferrand, on 3rd–7th September, 1979*. Dordrecht: Springer Netherlands; 1980. p. 447–466.
61. Hannon MJ, Thompson CJ. Neurosurgical hyponatremia. *Journal of Clinical Medicine*. 2014;3(4):1084–1104. <https://doi.org/10.3390/jcm3041084>
62. Cengiz Ö, Hess JB, Bilgili SF. Influence of graded levels of dietary sodium on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. *Poultry Science*. 2012;91(10):2325–2330. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02183>
63. Wieth JO, Andersen OS, Brahm J, et al. Chloride-bicarbonate exchange in red blood cells: physiology of transport and chemical modification of binding sites. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 1982;299(1097):383–399.
64. Sharma S, Hashmi MF, Aggarwal S. Hyperchloremic Acidosis. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2025. PMID: 29493965.
65. Kettritz R, Loffing J. Potassium homeostasis—Physiology and pharmacology in a clinical context. *Pharmacology & Therapeutics*, 2023;249:108489.
66. Cammack R, Wrigglesworth JM, Baum H. Iron-dependent enzymes in mammalian systems. In: Cook JD, editor. *Iron transport and storage*. 2024. p. 17–39.
67. Irmak M, Özcan C. Kobalt ve Kobaltın Koyun Beslemedeki Önemi. In: *Biyosağlıkta Güncel Yaklaşımlar*. Ankara: İksad Yayınevi; 2022. p.67-76.
68. Mohammed A, Osman NEHIED, Youssef FG. Review on copper's functional roles, copper X mineral interactions affecting absorption, tissue storage, and Cu deficiency swayback of small ruminants. *ARC Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2016;2(2):1–14.
69. Borobia M, Villanueva-Saz S, Ruiz de Arcaute, et al. Copper poisoning is a deadly threat to sheep. *Animals*, 2022;12(18), 2388. <https://doi.org/10.3390/ani12182388>.
70. Zicker S, Schoenherr B. The role of iodine in nutrition and metabolism. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*. 2012;34:1–4.
71. Tucker HF, Salmon WD. Parakeratosis or zinc deficiency disease in the pig. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1955;88(4):613–6.
72. Holben DH, Smith AM. The diverse role of selenium within selenoproteins: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 1999;99(7):836–843.
73. Zarczynska K, Sobiech P, Radwinska J, et al. Effects of selenium on animal health. *Journal of Elementology*, 2013;18(2).
74. Kleiber M. Body size and metabolic rate. *Physiological Reviews*. 1947;27(4):511–41.
75. Hulbert AJ, Else PL. Basal metabolic rate: history, composition, regulation, and usefulness. *Physiological and Biochemical Zoology*. 2004;77(6):869–76.
76. Kaiyala KJ, Ramsay DS. Direct animal calorimetry, the underused gold standard for quantifying the fire of life. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2011;158(3):252–64.
77. Moonen HPPFX, Beckers KJH, van Zanten ARH. Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations. *Journal of Intensive Care*. 2021;9(1):8. doi:10.1186/s40560-021-00524-0.
78. Andrews T. Ketosis and fatty liver in cattle. *In Practice*. 1998;20(9):509–513.
79. Mongini A Van Saun RJ. Pregnancy toxemia in sheep and goats. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 2023;39(2):275–291.
80. Herdt TH. Ruminant adaptation to negative energy balance: influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2000;16(2):215–230.

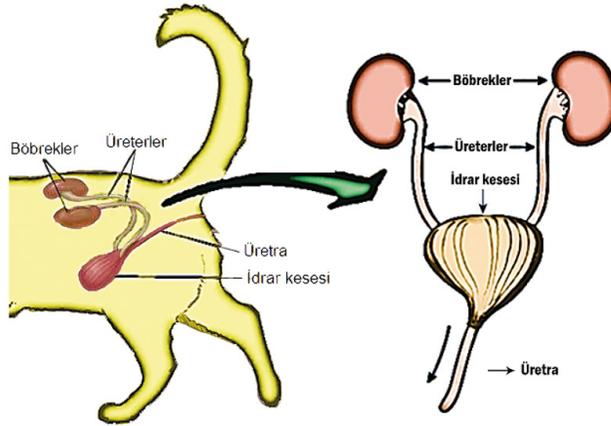
81. Hoenig M. Comparative aspects of diabetes mellitus in dogs and cats. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 2002;197(1-2):221-229.
82. Mueckler M, Thorens B. The SLC2 (GLUT) family of membrane transporters. *Molecular Aspects of Medicine*, 2013;34(2-3):121-138.
83. Deshmukh CD, Jain A, Nahata B. Diabetes mellitus: a review. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 2015;3(3):224-230.
84. Fédération Européenne de l'Industrie des Aliments pour Animaux Familiers (FEDIAF). *Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs*. Brussels: FEDIAF; 2024. p. 14-19.
85. CSIRO Publishing. *The Nutrient Requirements of Horses: A Practical Guide*. 2007. Melbourne: CSIRO Publishing.
86. Schmidt J, Zsédely E. *Nutrition of ruminants*. Sopron, Hungary: University of West-Hungary; 2011.
87. National Research Council (NRC). *Nutrient requirements of horses*. 6th rev ed. Washington (DC): National Academies Press; 2007. p. 298-300.
88. BASF. *Vitamins – One of the Most Important Discoveries of the Century*. BASF Documentation DC 0002. Animal Nutrition, 6th ed. 2000.

## ÜRİNER SİSTEM VE BÖBREK FİZYOLOJİSİ

Ruhi KABAKÇI<sup>1</sup>

### 11.1.GİRİŞ

Üriner sistem vücudun homeostazisinin sağlanmasında ve korunmasında görev alan önemli sistemlerden biridir. Bu bağlamda üriner sistem, başta su ve elektrolit dengesi olmak üzere kan basıncı ve reaksiyonunun (pH) ayarlanmasından sorumludur. Üriner sistem ayrıca, temel olarak kanın süzülmesi ve vücut için yararlı maddelerin geri emilirken, metabolik atıkların ve kimyasalların uzaklaştırılmasını sağlayan bir arıtma sistemi olarak görev yapmaktadır. Üriner sistem bir çift böbrek, bir çift üreter, idrar kesesi ve üretradan meydana gelmektedir (1) (Şekil 11.1).



Şekil 1. Üriner sistem organları

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., ruhikabakci@kku.edu.tr, ORCID iD:0000-0001-9131-0933

dönüşmesi ve buradan geri emildikten sonra kanla böbreklere gelerek idrarla atılmasından ileri gelir. Ürobilinojenin havayla temas ettiğinde oksitlenmesiyle oluşan **ürobilin** idrara sarı rengini verir.

- » **Kokusu:** İdrarın türe özgü hafif bir kokusu vardır. Bu koku idrarın konsantrasyonu, ilaç kullanımı ve diyetten de etkilenebilmektedir. Örneğin diyabetik hastalarda oluşan keton cisimleri idrara keskin bir koku verir. Yine enfeksiyon durumlarında bu koku daha da keskinleşebilmektedir.
- » **Kıvamı:** Normalde çoğu türde berrak ve sulu olan idrar, tek tırnaklılarda renal pelvis ve üreterlerden salınan mukus içerikli birtakım salgılar nedeniyle koyu, kalın ve bulanık görünür. Atlarda idrarın bulanık görünümüne sebep olan yüksek yoğunluktaki karbonhidrat ve fosfat içeriği bekletilme esnasında çökebilmektedir.
- » **Asiditesi:** Türe göre farklılık gösteren idrar reaksiyonu (pH'sı) insanlarda ortalama 6 (4,6-8) iken, süt ineklerinde 7,4 – 8,4 arasındadır.
- » **Miktarı ve Yoğunluğu:** Günlük üretilen idrar miktarı beslenme, fiziksel aktivite, sıcaklık, su tüketimi ve mevsim gibi çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösterir. Sağlıklı insanların böbrekleri 0,45 L'den az olmamak üzere günlük olarak 1-2 L, atlarda 2-11 L, sığırlarda 6-12 L, koyun keçilerde ise 0,5-2 L idrar üretir. Dansite veya özgül ağırlık olarak da ifade edilen idrarın yoğunluğu türler arasında 1,020 ila 1,040 arasında değişir. Su tüketimine bağlı üretilen idrar miktarı arttığında idrar yoğunluğu azalır, idrar azaldıkça da yoğunluk artar (1, 4, 9).

## KAYNAKLAR

1. Balkaya M. İç ortamın düzenlenmesi. In: Öztürk H, Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gabel G, editors. *Veteriner Fizyoloji*. 5th ed. Ankara: Ankara Nobel Tıp Kitabevleri; 2019. p. 299-342.
2. Draper AC, Bowen IM, Hollowell GD. *Reference ranges and reliability of transabdominal ultrasonographic renal dimensions in thoroughbred horses*. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2012;53(3):336-41.
3. Toribio RE. *Essentials of equine renal and urinary tract physiology*. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 2007;23(3):533-61.
4. Beytut E. Boşaltım Sistemi. In: Çötelioglu Ü, M Ö, editors. *Evcil Hayvanların Fonksiyonel Anatomisi ve Fizyolojisi*. 4th ed. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık; 2012. p. 312-58.
5. Keogh L, Kilroy D, Bhattacharjee S. *The struggle to equilibrate outer and inner milieus: Renal evolution revisited*. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2021;233:151610.
6. Yaman K. Boşaltım Sistemi. In: Yaman K, editor. *Fizyoloji*. 4th ed. Bursa: Ezgi Kitapevi; 2009.
7. Marieb EN, Hoehn K. *Human anatomy & physiology*. San Francisco, CA, USA: Pearson education; 2010.

8. Koz M, Gelir, E, Ersöz, G,. *Boşaltım Sistemi Fizyolojisi. Fizyoloji Ders Kitabı*. 2nd ed. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım; 2010. p. 133-44.
9. Ergene N. Böbrek Fizyolojisi. In: E A, editor. *İnsan Fizyolojisi*. 1st ed. İstanbul: İstanbul Tıp Kitapevleri; 2021. p. p.381-448.
10. Öner G, Alican, İ. Böbrekler, Su ve İnorganik İyonların Düzenlenmesi. In: Demirgören S WE, Raff H, Strang K, editor. *Vander İnsan Fizyolojisi*. 1st ed. İzmir: Güven Bilimsel; 2010. p. p.525-74.
11. Kolgazi M. Boşaltım Sistemi. In: Çağlayan Yeğen B, editor. *Yüksek Okullar İçin Fizyoloji*. 1st. İstanbul: Yüce Yayım; 2014. p. p.209-25.
12. Jarad G, Miner JH. *Update on the glomerular filtration barrier. Current opinion in nephrology and hypertension*. 2009;18(3):226-32.
13. Menon MC, Chuang PY, He CJ. *The glomerular filtration barrier: components and crosstalk*. International journal of nephrology. 2012;2012(1):749010.
14. Guyton A, Hall J. *Text book of medical physiology*. Philadelphia: Elsevier; 2016.
15. Deen WM. *What determines glomerular capillary permeability?* The Journal of clinical investigation. 2004;114(10):1412-4.
16. Arif E, Nihalani D. *Glomerular filtration barrier assembly: an insight*. Postdoc journal: a journal of postdoctoral research and postdoctoral affairs. 2013;1(4):33.
17. Carlström M, Wilcox CS, Arendshorst WJ. *Renal autoregulation in health and disease*. Physiological reviews. 2015;95(2):405-511.
18. Fountain JH, Kaur J, Lappin SL. *Physiology, Renin Angiotensin System*: StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2025 2025.
19. Huang JH, Lourenço BN, Coleman AE. *The Renin-Angiotensin-Aldosterone System in Kidney Diseases of Cats and Dogs*. The Veterinary Journal. 2024:106287.
20. Koeppen B. Renal Physiology. In: Boron W, EL B, editors. *Medical Physiology*: Elsevier; 2016.
21. Reece W, Erickson H. *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. 5th ed. ed: Wiley Blackwell; 2015.
22. Klein JD, Blount MA, Sands JM. *Urea transport in the kidney*. Comprehensive Physiology. 2011;1(2):699-729.
23. Hanna RM, Ahdoot RS, Kalantar-Zadeh K, Ghobry L, Kurtz I. *Calcium transport in the kidney and disease processes*. Frontiers in Endocrinology. 2022;12:762130.
24. Sands JM, Layton HE, editors. *The physiology of urinary concentration: an update*. Seminars in nephrology; 2009: Elsevier.
25. Yang B, Bankir L. *Urea and urine concentrating ability: new insights from studies in mice*. American Journal of Physiology-Renal Physiology. 2005;288(5):F881-F96.
26. Ebert N, Bevc S, Bökenkamp A, Gaillard F, Hornum M, Jager KJ, et al. *Assessment of kidney function: clinical indications for measured GFR*. Clinical kidney journal. 2021;14(8):1861-70.

# ENDOKRİN SİSTEM FİZYOLOJİSİ

Mustafa CELLAT<sup>1</sup>

### 12.1.GİRİŞ

Gelişmiş canlıların vücutlarındaki fizyolojik olayların kontrolünde görev alan iki önemli kontrol sistemi vardır. Bunlar sinir sistemi ve endokrin sistemdir. Sinir sistemi hızlı ve kısa süreli, endokrin sistem ise yavaş ve daha uzun süreli olan kontrolden sorumludur (1-3). Endokrin bez hücreleri tarafından sentez edilerek kan dolaşımına verilen, etki edeceği dokulara kan dolaşımı yolu ile ulaşabilen ve etki edeceği dokulardaki kendilerine özel olan reseptörlere bağlanmak suretiyle fizyolojik etki gösteren kimyasal maddeler hormon olarak tanımlanır (1-6). Hormon kelimesi yunanca kökenlidir ve uyaran ve harekete geçiren anlamına gelir (6). Hormonlar büyüme yeteneği olan dokuların ve hücrelerin büyüme ve gelişmesinde, canlı için hayati öneme sahip su ve elektrolit dengesinin sağlanmasında, hayatta kalma ve neslini devam ettirebilmek için davranış ve üreme gibi aktivitelerin yerine getirilmesinde ve enerji kaynaklarının ve metabolizmanın düzenlenmesinde anahtar rol oynarlar (4,5). Salgılandığı endokrin bez hasara uğradığı zaman hormon salgısı yapılamaz ve canlıda bu hormonlarla ilgili fizyolojik eksiklikler meydana gelir. Endokrin bezi hasara uğrayan canlıya dışarıdan kan dolaşımı yolu ile ilgili hormon uygulanırsa fizyolojik eksikliklerin ortadan kalktığı görülecektir (2).

<sup>1</sup> Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Fizyolojisi AD.,  
mcellat@mku.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2559-096X

sına neden olur (2). Pubertadan sonra testosteron hormonu salgılanmaya başlayınca erkeklerde kas kitlesi hacim olarak iki katına çıkar. Testosteronun metabolizmayı arttırıcı etkisi erkeklerde alyuvar sayısının dişilere göre daha fazla olmasına neden olur (1).

## 12.22. PLASENTA HORMONLARI

Plasentadan gebelik boyunca koryonik gonadotropin hormon, östrojen ve progesteron gibi hormonlar salgılanır (2). Fötal yaşamda ve doğumdan sonraki kısa bir sürede erkek ve dişi üreme organlarının büyümesi ve gelişmesi plasentadan salgılanan koryonik gonadotropin hormonunun etkisi ile olur. Bu hormonun etkisi ile testis ve ovaryumlardan testosteron ve östrojen hormonları salınır ve bu kısa dönemde üreme organlarının büyümesi ve gelişmesinde etkili olur. Plaseenta kökenli östrojen hormonu hem fötüsün ve hem de annenin genital organlarının büyümesini uyarır. Annenin pelvik bağlarını gevşetir. Progesteron ise gebeliğin devamına ve annenin uterus endometriyumunda gelişmeye neden olur (1).

## KAYNAKLAR

1. Guyton AC, Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (12). Philadelphia: Saunders Elsevier; 2011. <http://111.93.204.14:8080/xmlui/handle/123456789/791>
2. Noyan A. Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji (15). Ankara: Meteksan; 2005.
3. Reece WO. Dukes Veteriner Fizyoloji (12). (Sedat YILDIZ, Çev. Ed.). Malatya: Medipress Yayıncılık; 2004.
4. Altınsoat Ç. Hormonal Sistem ve Üreme Fizyolojisi. Cengiz F (Ed.) Temel Veteriner Fizyoloji içinde. Eskişehir: Türkiye Cumhuriyeti Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1373; 2018. p. 116.
5. Aydoğan S, Dolu N. İçsalgı Sistemi. Suer C (Ed.). Temel Fizyoloji içinde. Kayseri: Medical Kitabevi; 2010. p. 173-174.
6. Von Engelhardt W, Breves G, Diener M, Gäbel G. Veteriner Fizyoloji (5). (Hakan ÖZTÜRK, Çev. Ed.). Ankara: Ankara Nobel Tıp Kitabevleri; 2019.
7. Aksakal M. Fizyoloji Ders Notları (Kan Fizyolojisi ve Endokrinoloji). Elazığ: Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Ders Teksiri No:8; 1994.
8. Erbaş O. Fizyoloji Histoloji – Embriyoloji. Ankara: Klinisyen Tıp Kitabevleri; 2007.
9. Hamid AA, Issa MB, Nizar NNA. Hormones. Ali ME, Nizar NNA (Ed.) Preparation and Processing of Religious and Cultural Foods içinde. Woodhead Publishing; 2018. p. 253-277.
10. Smirnova O. The Physiology of the Endocrine System. Tyne: Cambridge Scholars Publishing; 2019.
11. Hiller-Sturmhöfel S, Bartke A. The Endocrine System. *Alcohol Health Research World*. 1998; 22(3):153-164.
12. Sembulingam K, Sembulingam P. Essentials of Medical Physiology. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2012.

13. Textbook Equity Edition. Anatomy and Physiology. 23/07/2025 tarihinde <http://textbookequity.org/anatomy-and-physiology-volume-2> adresinden ulaşılmıştır.
14. Kovacs WJ, Ojeda SR. Textbook of Endocrine Physiology. Newyork: Oxford University Press; 2012.
15. Kleine BG. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. China: Elsevier; 2020.
16. Waugh A, Grant A. Ross and Wilson Anatomy and Physiology in Health and Illness (12). Elsevier; 2014.
17. Melmed S, Polonsky K, Larsen PR, Kronenberg H. Williams Textbook of Endocrinology (12). Elsevier Saunders; 2011. p. 107.
18. Gallo-Payet N, Payet MD. Mechanism of Action of ACTH: beyond cAMP. *Microscopy Research and Technique*. 2003; 61(3): 275-287. <https://doi.org/10.1002/jemt.10337>
19. Bernard DJ, Fortin J, Wang Y, et al. Mechanisms of FSH synthesis: what we know, what we don't, and why you should care. *Fertility and Sterility*. 2010; 93(8): 2465-2485. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2010.03.034>
20. Huhtaniemi IT, Themmen AP. Mutations in human gonadotropin and gonadotropin receptor genes. *Endocrine*. 2005; 26: 207-17. <https://doi.org/10.1385/ENDO:26:3:207>
21. Themmen APN, Huhtaniemi IT. Mutations of gonadotropins and gonadotropin receptors: elucidating the physiology and pathophysiology of pituitarygonadal function. *Endocrine Reviews*. 2000; 21: 551-83. <https://doi.org/10.1210/edrv.21.5.0409>
22. Themmen AP. An update of the pathophysiology of human gonadotrophin subunit and receptor gene mutations and polymorphisms. *Reproduction*. 2005; 130: 263-74. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00663>
23. Freeman ME, Kanyicska B, Lerant A, et al. Prolactin: structure, function, and regulation of secretion. *Physiological Reviews*. 2000; 80: 1523-1631. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.4.1523>
24. Ben-Jonathan N, Mershon JL, Allen DL, et al. Extrapituitary prolactin: distribution, regulation, functions, and clinical aspects. *Endocrine Review*. 1996; 17: 639-669. <https://doi.org/10.1210/edrv-17-6-639>
25. Yoest KE, Cummings JA, Becker JB. Estradiol, dopamine and motivation. *Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry*. 2014; 14(2): 83-9.
26. Jin Y, Fan M. Treatment of gynecomastia with prednisone: case report and literature review. *Journal of International Medical Research*. 2019; 47(5): 2288-2295. <https://doi.org/10.1177/0300060519840896>
27. Li H, Huang Y, Li Y, et al. Endocrine Manifestations in POEMS Syndrome: a case report and literature review. *BMC Endocrine Disorders*. 2019; 19(1): 33. <https://doi.org/10.1186/s12902-019-0355-6>
28. Grattan DR, Kokay IC. Prolactin: a pleiotropic neuroendocrine hormone. *Journal of Neuroendocrinology*. 2008; 20(6): 752-763. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2008.01736.x>
29. Ben-Jonathan N, Hugo ER, Brandebourg TD, et al. Focus on prolactin as a metabolic hormone. *Trends in Endocrinology Metabolism*. 2006; 17(3): 110-116. DOI: 10.1016/j.tem.2006.02.005
30. Auriemma RS, Pirchio R, De Alcubierre D, et al. Dopamine Agonists: From the 1970s to Today. *Neuroendocrinology*. 2019; 109(1): 34-41. <https://doi.org/10.1159/000499470>
31. Daughaday WH. Endocrinology—the way we were: a personal history of somatomedin. *Growth Hormone IGF Research Journal*. 2006; 16: 3-5. <https://doi.org/10.1016/j.ghir.2006.03.005>
32. Szczepanska-Sadowska E, Zera T, Sosnowski P, et al. Vasopressin and related peptides; potential value in diagnosis, prognosis and treatment of clinical disorders. *Current Drug Metabolism*. 2017; 18: 306-345.
33. Moreno M, De Lange P, Lombardi A, et al. Metabolic effects of thyroid hormone derivatives. *Thyroid*. 2008; 18(2): 239-253. <https://doi.org/10.1089/thy.2007.0248>

34. Davel RA, Findlay DM. Calcitonin: physiology or fantasy? *Journal of Bone and Mineral Research*. 2013; 28(5): 973-979. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1869>
35. Felsenfeld AJ, Levine BS. Calcitonin, the forgotten hormone: does it deserve to be forgotten? *Clinical Kidney Journal*. 2015; 8(2): 180-187. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfv011>
36. Carter PH, Schipani E. (2006). The roles of parathyroid hormone and calcitonin in bone remodeling: prospects for novel therapeutics. *Endocrine, Metabolic Immune Disorders Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine Metabolic Disorders)*. 2006; 6(1): 59-76. <https://doi.org/10.2174/187153006776056666>
37. Wimalawansa SJ. (1990). Calcitonin: molecular biology, physiology, pathophysiology and its therapeutic uses. In: *Bone Regulatory Factors: Morphology, Biochemistry, Physiology, and Pharmacology*. Boston: MA: Springer US. 1990. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1508-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1508-8_9)
38. Aldhalemi AA, Lahhob QR. The study of chemical reactions in the human body through the use of hormones. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2020; 8(5): 01-09. DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i5a.1048
39. Suttie AW, Sutcliffe C. Adrenal Gland. In *Boorman's Pathology of the Rat* (pp.). Academic Press; 2018: p. 649-667. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391448-4.00033-2>
40. Fox SI. Endocrine Glands. Human Physiology. New York: McGraw-Hill; 2016. p.316-358.
41. Molina P. Adrenal Gland. Endocrine Physiology. USA: McGraw-Hill; 2013. p. 129-162.
42. Devi VS. Inderbir Singh's Human Embryology (11). Delhi/London/Panama: The Health Science Publisher; 2018. ISBN: 978-93-5270-115-5.
43. Burford NG, Webster NA, Cruz-Topete D. Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis Modulation of Glucocorticoids in the Cardiovascular System. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017;18(10). <https://doi.org/10.3390/ijms18102150>
44. Barrett KE, Boitano S, Barman SM, Brooks HL. Adrenal Medulla ve Adrenal Korteks. Ganong'un Tıbbi Fizyolojisi. (İşoğlu Ü, Alkoç Ü, Ermutlu MN, Çev. Ed.). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2019. p. 351-374.
45. Marieb EN, Hoehn K. The Endocrine System. Human Anatomy and Physiology. New Jersey: Pearson, Hoboken; 2019. p. 601-641.
46. Turcu AF, Auchus RJ. Adrenal steroidogenesis and congenital adrenal hyperplasia. *Endocrinology and Metabolism Clinics*. 2015; 44: 275-296. DOI: 10.1016/j.ecl.2015.02.002
47. Çiftçi N, Çamtosun E. Steroid Hormone Synthesis, Metabolism and Action. Peltek Kendirci HN, Haspolat YK (Ed.). Adrenal Diseases in Children and Adolescents içinde. Ankara: Orient Publications; 2023. p. 13-17.
48. Claire RH, Elim M, John CA. The adrenal cortex and its disorders. Dattani MT, Brook CGD (Ed.). Brook's Clinical Pediatric Endocrinology içinde (7). Wiley-Blackwell; 2020: p. 335-407.
49. Pelt AC. Glucocorticoids: Effects, Action Mechanisms, and Therapeutic Uses. Hauppauge: Nova Science Publishers; 2011. ISBN 978-1617287589.
50. Wagner CA. Effect of mineralocorticoids on acid-base balance. *Nephron Physiology*. 2014; 128(1-2): 26-34. <https://doi.org/10.1159/000368266>
51. Kline GA, Prebtani APH, Leung AA, et al. Primary aldosteronism: a common cause of resistant hypertension. *Canadian Medical Association Journal*. 2017; 189(22): 773-778. DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.161486>
52. Cohen M, Brunt L. The endocrine system. O'Leary J, Capote L (Ed.). The physiologic basis of surgery içinde (4). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2008. p. 362-404.
53. Molina P. Endocrine physiology (3). New York: McGraw Hill; 2010.
54. Tsapatsaris N, Breslin D. Physiology of the adrenal medulla. *Urologic Clinics of North America Journal*. 1989; 16: 439-45. [https://doi.org/10.1016/S0094-0143\(21\)01826-7](https://doi.org/10.1016/S0094-0143(21)01826-7)
55. Linos D, Heerden JV. Adrenal glands: diagnostic aspects and surgical therapy. New York: Springer; 2004.

56. Karlic H, Varga F. Impact of vitamin D metabolism on clinical epigenetics. *Clinical Epigenetics*. 2011; 2: 55-61. <https://doi.org/10.1007/s13148-011-0021-y>
57. Van Leeuwen JPTM, Van Driel M, Van Den Bemd GJCM, et al. Vitamin D control of osteoblast function and bone extracellular matrix mineralization. *Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression*. 2001; 11(1-3). DOI: 10.1615/CritRevEukarGeneExpr.v11.i1-3.100
58. Verstuyf A, Carmeliet G, Bouillon R, et al. Vitamin D: a pleiotropic hormone. *Kidney International*. 2010; 78(2): 140-145. <https://doi.org/10.1038/ki.2010.17>
59. Sutton AL, MacDonald PN. Vitamin D: more than a “bone-a-fide” hormone. *Molecular Endocrinology*. 2003; 17(5): 777-791. <https://doi.org/10.1210/me.2002-0363>
60. Theilig F, Wu Q. ANP-induced signaling cascade and its implications in renal pathophysiology. *American Journal of Physiology Renal Physiology*. 2015; 308(10): 1047-1055. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00164.2014>
61. Rao S, Pena C, Shurmur S, et al. Atrial natriuretic peptide: structure, function, and physiological effects: a narrative review. *Current Cardiology Reviews*. 2021; 17(6): 17-27. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573403X17666210202102210>
62. De Bold AJ. Atrial natriuretic factor: a hormone produced by the heart. *Science*. 1985; 230: 767-770. DOI: 10.1126/science.2932797
63. Favero G, Bonomini F, Rezzani R. Pineal gland tumors: a review. *Cancers*. 2021; 13(7): 1547. <https://doi.org/10.3390/cancers13071547>
64. Samanta S. Physiological and Pharmacological Perspectives of Melatonin. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2022; 128: 1346-1367. <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1770799>
65. Acuña-Castroviejo D, Escames G, Venegas C, et al. Extrapineal Melatonin: Sources, Regulation, and Potential Functions. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2014; 71: 2997-3025. <https://doi.org/10.1007/s00018-014-1579-2>
66. Vasey C, McBride J, Penta K. Circadian Rhythm Dysregulation and Restoration: The Role of Melatonin. *Nutrients*. 2021; 13: 3480. <https://doi.org/10.3390/nu13103480>
67. Stehle JH, Saade A, Rawashdeh O, et al. A Survey of Molecular Details in the Human Pineal Gland in the Light of Phylogeny, Structure, Function and Chronobiological Diseases. *Journal of Pineal Research*. 2011; 51: 17-43. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2011.00856.x>
68. Minich DM, Henning M, Darley C, et al. Is Melatonin the “Next Vitamin D”? A Review of Emerging Science, Clinical Uses, Safety, and Dietary Supplements. *Nutrients*. 2022; 14: 3934. <https://doi.org/10.3390/nu14193934>
69. Mendes L, Queiroz M, Sena CM. Melatonin and vascular function. *Antioxidants*. 2024; 13(6): 747.
70. Altun A, Ugur-Altun B. Melatonin: Therapeutic and Clinical Utilization. *Int. Journal of Clinical Practice*. 2007; 61: 835-845. <https://doi.org/10.3390/antiox13060747>
71. Pandi-Perumal SR, Monti JM, Burman D, et al. Clarifying the Role of Sleep in Depression: A Narrative Review. *Psychiatry Research*. 2020; 291: 113239. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113239>
72. Reiter RJ, Tan DX, Fuentes-Broto L. Melatonin: A Multitasking Molecule. In: *Progress in Brain Research*. 2010; 181: 127-151. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)81008-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)81008-4)
73. Chabra A, Shokrzadeh M, Naghshvar F, et al. Melatonin ameliorates oxidative stress and reproductive toxicity induced by cyclophosphamide in male mice. *Human Experimental Toxicology*. 2014; 33: 185-195. doi:10.1177/0960327113489052
74. Karamian A, Shokrzadeh M, Ahmadi A. The potential chemoprotective effects of melatonin against genotoxicity induced by diazinon in human peripheral blood lymphocytes. *Toxicology and Industrial Health*. 2016; 32: 360-366. <https://doi.org/10.1177/0748233713500824>
75. Shokrzadeh M, Chabra A, Naghshvar F, et al. Protective Effects of Melatonin against Cyclophosphamide-induced Oxidative Lung Toxicity in Mice. *Drug Research*. 2015; 65: 281-286. DOI: 10.1055/s-0034-1371801

76. Li DY, Smith DG, Hardeland R, et al. Melatonin receptor genes in vertebrates. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013; 14: 11208–11223. <https://doi.org/10.3390/ijms140611208>
77. Viguie C, Caraty A, Locatelli A, et al. Regulation of luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) secretion by melatonin in the ewe. II. Changes in N-methyl-D,L aspartic acid-induced LHRH release during the stimulation of luteinizing hormone secretion by melatonin. *Biology of Reproduction*. 1995; 52: 1156–1161. <https://doi.org/10.1095/biolreprod52.5.1156>
78. Yang M, Guan S, Tao J, et al. Melatonin promotes male reproductive performance and increases testosterone synthesis in mammalian Leydig cells. *Biology of Reproduction*. 2021; 104: 1322–1336. <https://doi.org/10.1093/biolre/iaob046>
79. Albuquerque YML, Silva WED, Souza FAL, et al. Melatonin on hypothyroidism and gonadal development in rats: A review. *JBRA Assisted Reproduction*. 2020; 24: 498–506. doi: 10.5935/1518-0557.20200053
80. Latorre R, Sternini C, De Giorgio R, et al. Enteroendocrine cells: a review of their role in brain-gut communication. *Neurogastroenterol Motil*. 2016; 28(5): 620-630. <https://doi.org/10.1111/nmo.12754>
81. Fothergill LJ, Furness JB. Diversity of enteroendocrine cells investigated at cellular and sub-cellular levels: the need for a new classification scheme. *Histochemistry and Cell Biology*. 2018; 150(6): 693-702. <https://doi.org/10.1007/s00418-018-1746-x>
82. Parikh A, Claudwardyne T. Physiology, gastrointestinal hormonal control. StatPearls Publishing; 2023.
83. Feng J, Petersen CD, Coy DH, et al. Calcium-sensing receptor is a physiologic multimodal chemosensor regulating gastric G-cell growth and gastrin secretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010; 107(41): 17791–17796. <https://doi.org/10.1073/pnas.1009078107>
84. Chu JY, Chung SC, Lam AK, et al. Phenotypes developed in secretin receptor-null mice indicated a role for secretin in regulating renal water reabsorption. *Molecular and Cellular Biology*. 2007; 27(7): 2499–2511. <https://doi.org/10.1128/MCB.01088-06>
85. Johnson LR. *Gastrointestinal Physiology* (8). Philadelphia; Elsevier/Mosby: 2013.
86. Costanzo L. *Physiology*. Philadelphia; Saunders/Elsevier: 2014. p. 337.
87. Delgado M, Ganea D. Vasoactive intestinal peptide: a neuropeptide with pleiotropic immune functions. *Amino Acids*; 2013; 45 (1), p. 25–39. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-1184-8>
88. Roller J. Endocrine system and its functions. *Archives of Clinical and Experimental Surgery*. 2020; 10(6): 1.

## ÜREME FİZYOLOJİSİ

Emin ŞENGÜL<sup>1</sup>

### 13.1. ERKEK ÜREME SİSTEMİ

Canlı türlerinin devamlılığı, temelde üreme sistemi tarafından yürütülen fizyolojik süreçlerle sağlanır. Üreme sistemi; dişi ve erkek eşey hücrelerinin üretimi, bu hücrelerin olgunlaştırılması, cinsiyet hormonlarının sentezi ve salgılanması ile birlikte, cinsel davranışların endokrin sistem aracılığıyla düzenlenmesi gibi işlevleri üstlenir.

Bu sistem, kendi görevlerini yerine getirirken organizmadaki diğer fizyolojik sistemlerle sıkı bir etkileşim ve denge içinde çalışır. Üreme sistemi, dolaşım, solunum ya da sinir sistemi gibi doğrudan yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesinde zorunlu olmamakla birlikte, organizmanın genel sağlığını ve homeostazisini dolaylı yoldan etkileyebilir. Üreme işlevlerinde meydana gelen bozukluklar yalnızca fertilitiyi değil, aynı zamanda endokrin dengeyi, davranışsal tepkileri ve diğer fizyolojik sistemlerin işleyişini de olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, sağlıklı bir üreme sistemi yalnızca neslin devamı için değil, organizmanın fizyolojik bütünlüğünün korunması açısından da önem taşır.

Erkeklerde üreme sisteminin işlevleri temel olarak spermatojenez, cinsel eylem performansı ve üreme işlevlerinin hormonal kontrolü olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir.

Erkek genital kanalı; testisler, sırasıyla tubuli rekti, rete testis, duktuli efferentes, duktus epididimis, duktus deferens, duktus ejakulatorius ve uretradan oluşan spermatozoonları ileten kanallar ile eklenti bezleri ve penisten oluşur (1-5) (Şekil 1).

<sup>1</sup> Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji AD., emin.sengul@atauni.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1566-1816

hormonudur. Kuluçka döneminde dolaşımdaki prolaktin düzeylerinde belirgin bir artış gözlenir ve bu durum, ovaryum fonksiyonlarının gerilemesine ve yumurtlamanın durmasına yol açar. Kuluçka davranışının başlaması için, bir dizi hormonal ve çevresel uyarının senkronize biçimde bir araya gelmesi gerekir. Yumurta üretiminin başlamasıyla birlikte yükselen östrojen ve progesteron düzeyleri, yalnızca yumurta oluşumunu desteklemekle kalmaz; aynı zamanda kuluçka davranışına hazırlıkta da rol oynar. Progesteron, özellikle yuvalama davranışını tetikleyici etkisiyle ön plandadır. Östrojen ise, hipotalamusta prolaktin salgısını artıran bir nöropeptid olan vazoaktif intestinal peptidin (VIP) sentezini uyarak, dolaylı yoldan prolaktin düzeylerini yükseltir.

Kanatlıların göğüs bölgesindeki tüylerin dökülmesiyle oluşan ve kuluçka alanı olarak adlandırılan çıplak deri yüzeyi, yuva ve yumurtalarla doğrudan temas halindedir. Bu alanda bulunan sekiz farklı duyu siniri, fiziksel temasla uyarıldığında merkezi sinir sistemine sinyaller iletir. Bu sinyaller, refleksif olarak prolaktin salgısının daha da artmasını sağlar. Böylece, yuvalama davranışı pekişir ve kalıcı bir hale gelir. Kuluçka davranışı ilk başladığında, yumurta üretimi devam edebilir, ancak bu evrede ovaryumda foliküler atreziyi başlatan hormonal değişiklikler çoktan ortaya çıkmıştır. Kuluçka süreci uzadıkça, yumurtalık dokusu belirgin şekilde involüsyona uğrar ve üretkenlik tamamen sona erer. Kuluçka süresi yaklaşık olarak tavuklarda 21, hindilerde ve ördeklerde 28, kazlarda 28-32, güvercinlerde 17-19 ve bıldırcınlarda 16-18 gündür (1-3).

## KAYNAKLAR

1. Yılmaz, B. (1999). Hormonlar ve üreme fizyolojisi (Birinci Basım). Feryal Matbaacılık, Ankara.
2. Yıldız, S. (2008). Dukes veteriner fizyoloji (12. baskı çeviri). Malatya: Medipres Yayıncılık.
3. Hafez, E.S.E., & Hafez, B. (Eds.). (2013). Reproduction in farm animals. John Wiley & Sons.
4. Guyton, A.C. & Hall, J. E. (2013). Tıbbi fizyoloji (12. baskı). Nobel Tıp Kitabevleri.
5. Noyan, A. (2012). Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji (Ondokuzuncu baskı). Palme Yayıncılık, Ankara.
6. Widmaier, E.P., Raff, H., Strang, K.T. (2018). Vander insan fizyolojisi, (14. baskı). Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.
7. Ganong, W.F. (2016). Review of medical physiology (25th edition). New York: McGraw Hill Large.
8. Celebi, F. Güven, B (2001) Plasma concentrations of 13, 14-dihydro-15-keto PGF<sub>2</sub> $\alpha$  and progesterone during the oviposition cycle of the domestic goose (*Anser anser domesticus*) Volume 80, Issue 2, 1 February 2001, Pages 225-227 Poultry Science, Elsevier
9. Celebi, F. Yılmaz, B (2000) The Effect of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  on Uterine Muscle in the Domestic Hen Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences 24 (4), 333-344.

## EVCİL HAYVANLARDA GEBELİK VE DOĞUM FİZYOLOJİSİ

Volkan GELEN<sup>1</sup>

### 14.1. GİRİŞ

Gebelik ve doğum, memelilerde üreme döngüsünün birbirini takip eden iki temel evresidir. Gebelik, dişi bireyin döllenmeden itibaren fetüsü taşıdığı ve desteklediği süreçtir. Doğum ise bu sürecin sonunda fetüsün ve fetal zarların uterus dışına atılmasıyla gebeliğin sonlandığı fizyolojik olaydır. Her iki süreç de hormonal, sinirsel ve fizyolojik mekanizmaların hassas bir uyum içinde çalışmasıyla yönetilir ve hem anne hem de yavrunun sağlığı için hayati öneme sahiptir.

Gebelik süresince dişi organizma, embriyonun rahme yerleşmesinden itibaren birçok yönden değişim geçirir. Fertilizasyon sonrasında oluşan zigot, fallop tüplerinde ilerleyerek uterus kavitesine ulaşır ve uygun hormonal ortam sağlandığında endometriyuma tutunur. İmplantasyonun ardından embriyo hızla gelişir ve plasenta aracılığıyla anne ile arasında besin, oksijen ve atık maddelerin alışverişini sağlayan hayati bir bağ oluşur. Gebelik boyunca uterus kasları gevşek, esnek ve sessiz bir durumda kalır; bu, fetüsün büyümesi ve gelişimi için uygun ortamı sağlar. Maternal bağışıklık sistemi, embriyoyu “yabancı” olarak algılamadan tolere eder. Bu süre zarfında progesteron hormonu merkezi bir rol oynar; uterus kasılmalarını baskılar, serviksin kapalı kalmasını sağlar ve fetüsün rahimde kalmasına olanak tanır. Östrojen, prolaktin, relaksin ve plasental hormonlar da gebeliğin devamını destekleyen önemli endokrin düzenleyicilerdir. Gebelik süresi türden türe değişmekle birlikte, örneğin sığırlarda ortalama 280 gün, koyun ve keçilerde 150 gün, atlarda 330–345 gün, kedilerde ve köpeklerde

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., gelen\_volkan@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0002-5091-1262

ederek kortizol seviyelerini yükseltir ve doğum mekanizmasını erken tetikler. Atların gebeliğe fizyolojik adaptasyonu güçlü olsa da, uteroplasental yetmezlik veya ikiz gebelik gibi durumlar abort riskini artırır (32).

#### 14.14.1.5. Köpeklerde abortun fizyolojisi

Köpeklerde gebelik boyunca progesteronun ana kaynağı korpus luteumdur ve bu hormon gebeliğin devamı için kritik öneme sahiptir. Progesteron seviyesinde ani bir düşüş, uterus kasılmalarını tetikleyerek abort sürecini başlatır. Progesteron yetersizliğine luteal yetmezlik, sistemik stres ya da hormonal bozukluklar neden olabilir. Fetal stresin artmasıyla hipotalamus-hipofiz-adrenal aks aktive olur, kortizol salınımı artar ve miyometrial aktivite hızlanır. Bu süreç, serviksin gevşemesi ve fetusun uterustan atılmasıyla sonuçlanır (33).

#### 14.14.1.6. Kedilerde abortun fizyolojisi

Kedilerde gebeliğin sürdürülmesi tamamen progesterona bağlıdır. Progesteron düzeyinin düşmesi, uterus kasılmalarının başlamasına ve serviksin açılmasına yol açar. Uteroplasental dolaşımın bozulması, fetusta hipoksi ve asidoza neden olarak düşüğü tetikler. Ayrıca fetal stres, hipotalamus-hipofiz-adrenal aksı aktive eder ve erken doğum benzeri fizyolojik bir süreç başlatır. Metabolik dengesizlikler, yetersiz beslenme veya ağır stres koşulları da aynı mekanizmalar üzerinden abort riskini artırabilir (34).

## KAYNAKLAR

1. Yılmaz, B. (1999). *Hormonlar ve Üreme Fizyolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları.
2. Ruckebusch, Y., Phaneuf, L.P., & Dunlop, R. H. (1991). *Physiology of Small and Large Animals*. Philadelphia: B.C. Decker.
3. Noakes, D. E., Parkinson, T. J., & England, G. C. W. (2001). *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. W.B. Saunders.
4. Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2000). *Reproduction in Farm Animals*. Lippincott Williams & Wilkins.
5. Cunningham, J. G. (2002). *Textbook of Veterinary Physiology*. W.B. Saunders.
6. Pineda, M. H., & Dooley, M. P. (2003). *McDonald's Veterinary Endocrinology and Reproduction*. Iowa State Press.
7. King, G. J. (1993). *Reproductive Physiology of Mammals: From Farm to Field*. Academic Press.
8. Bearden, H. J., & Fuquay, J. W. (2000). *Applied Animal Reproduction*. Prentice Hall.
9. Adams, N. R., & Hearnshaw, H. (1990). *Reproduction in Domestic Animals*. Elsevier.
10. McDonald, L. E. (1980). *Veterinary Endocrinology and Reproduction* (3rd ed.). Lea & Febiger.
11. Taverne, M. A. M., & Noakes, D. E. (2001). The process of parturition in animals. *Reprod Dom Anim*.

12. Elliott, R. (2010). *Veterinary Reproduction and Obstetrics: Domestic Animals*. Cambridge University Press.
13. Maxwell, W. M. C. (1999). *Reproductive Physiology of Farm Animals*. CSIRO Publishing.
14. Jones, G. E. (2005). *Animal Reproduction and Breeding*. Pearson Education.
15. Lewis, C. R. (2012). *Reproductive Management in Domestic Animals*. Blackwell Publishing.
16. Çelebi, F. (2024). *Veteriner Hekimliği Fizyoloji Akıl Notları*. Güneş Tıp Kitabevleri, 1–432. ISBN:978-6256055-22-2.
17. Noakes, D. E., Parkinson, T. J., & England, G. C. W. (2018). *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (10th ed.). Saunders Elsevier.
18. Roberts, S. J. (2004). *Veterinary Obstetrics and Genital Diseases* (2nd ed.). Edwards Brothers.
19. Ginther, O. J. (1992). *Reproductive Biology of the Mare*. Equiservices Publishing.
20. Arthur, G. H., Noakes, D. E., & Pearson, H. (1996). *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (7th ed.). Baillière Tindall.
21. McCracken, J. A., et al. (1999). Mechanisms of parturition: basic science and clinical implications. *Reproduction in Domestic Animals*, 34(3), 193–199.
22. Frazer, G. S. (2005). Dystocia in ruminants and horses. *Theriogenology*, 64(3), 495–502.
23. Bell, A. W., & Greenwood, P. L. (2016). Prenatal and postnatal nutritional effects on growth and development of ruminants. *Animal Production Science*, 56(7), 1235–1249.
24. Radostits, O. M., et al. (2007). *Veterinary Medicine* (10th ed.). Saunders Elsevier.
25. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2010). *Animal Nutrition* (7th ed.). Pearson.
26. Purohit, G. N. (2010). Causes and management of abortion in domestic animals. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 1(3), 213–224.
27. Ball, B. A., & Peters, D. F. (2004). *Reproductive Physiology of Domestic Animals*. Wiley-Blackwell.
28. Concannon, P. W. (2011). Reproductive cycles of the domestic bitch. *Animal Reproduction Science*, 124(3–4), 200–210.
29. Sheldon, I. M., & Dobson, H. (2004). Postpartum uterine health in cattle. *Animal Reproduction Science*, 82–83, 295–306.
30. Johnston, S. D., Root Kustritz, M. V., & Olson, P. N. S. (2001). *Canine and Feline Theriogenology*. WB Saunders.
31. Root Kustritz, M. V. (2006). Reproductive physiology of the dog and cat. *Theriogenology*, 66(3), 691–697.
32. López-Gatiús, F. (2012). Factors of non-infectious nature affecting fertility after artificial insemination in dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(s5), 1–9.
33. Diskin, M. G., & Morris, D. G. (2008). Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s2), 260–267.
34. Carvalho, P. D., et al. (2014). Manipulation of follicle development to improve fertility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 4272–4293.

## LAKTASYON FİZYOLOJİSİ

Mustafa MAKAV<sup>1</sup>  
Mushap KURU<sup>2</sup>

## 15.1. GİRİŞ

Laktasyon, meme bezinin gelişimi (mammogenez), süt sentezi ve salgılanmasının başlaması (laktogenez), süt salgılanmasının sürdürülmesi (galaktopoez) ve kuru dönemde meme bezinin restorasyonu (involüsyon) dahil olmak üzere süt sentezi ve salgılanmasının tam bir sürecidir (1).

Mammogenez, meme bezinin gelişimini ifade eder ve öncelikle pubertas ve gebelik döneminde ortaya çıkar. Bu evre, özellikle meme epitel hücrelerinin çoğalmasını ve farklılaşmasını uyararak östrojen ve progesteron gibi hormonlardan önemli ölçüde etkilenir. Bu hormonlar, meme yapılarının gelişimini destekleyerek bezleri doğum sonrası emzirme sürecine hazırlar. Ayrıca, prolaktin (PRL), otokrin ve parakrin sinyal mekanizmaları aracılığıyla meme dokusu büyümesini ve farklılaşmasını teşvik ederek mammogenezin düzenlenmesinde önemli role sahiptir gösterilmiştir (2).

Doğumla başlayan laktogenez, süt salgılanmasının başlangıcı olarak tanımlanır. Bu evre iki aşamaya ayrılabilir: Gebeliğin sonlarında kolostrumun (ilk süt) üretildiği laktogenez I ve doğumdan sonra normal süte geçişin gerçekleştiği laktogenez II. Meme bezi, hormonal dalgalanmaların etkisiyle hızlı fizyolojik değişikliklere uğrar; kortizol ve insülin, süt üretimi için gerekli olan laktoz

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., mustafamakav@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-1879-8180

<sup>2</sup> Prof. Dr., Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji AD., mushap.kuru@kafkas.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4409-251X

Ek olarak, bu sinyal yollarındaki sıkıntılar, apoptozisin bozulmasına ve involüsyon süreçlerinin gecikmesine yol açabilir; Dock1 ve Rac1 sinyallerindeki eksikliklerin involüsyon sırasında normal apoptotik yanıtı engelleyebilmektedir. Bu, mekanik sinyalleme ve hücrel yanıtın involüsyon aşamasında sıkı bir şekilde birbirine bağlı olduğunu göstermektedir. (39).

## KAYNAKLAR

1. Das PK, Sejian V, Mukherjee J, Banerjee D. Textbook of Veterinary Physiology. Textbook of Veterinary Physiology 2023:1–803. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-9410-4/COVER>.
2. He XG, Fan JB, Liu HJ, Xia N. Anti-hyperprolactinemic effect of Ficus pumila Linn extract in rats. *AjoInfoX He, J Fan, H Liu, N XiaTropical Journal of Pharmaceutical Research*, 2016•ajoInfo 2016;15:1459–63. <https://doi.org/10.4314/TJPR.V15I7.15>.
3. Ramos JS, Madureira KM, Baldacim VAP, Da Costa e Silva CP, Dias MRB, Stricagnolo CR, et al. Physiological and pathological alterations in the mammary gland of holstein cows during transition period. *SeerUfrgsBrJS Ramos, KM Madureira, VAP Baldacim, CP Da Costa, MRB Dias, CR StricagnoloActa Scientiae Veterinariae*, 2020•seerUfrgsBr 2020;48:1750. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.102863>.
4. Xuan R, Chao T, Wang A, Zhang F, Sun P, Liu S, et al. Characterization of microRNA profiles in the mammary gland tissue of dairy goats at the late lactation, dry period and late gestation stages. *JournalsPlosOrgR Xuan, T Chao, A Wang, F Zhang, P Sun, S Liu, M Guo, G Wang, Z Ji, J Wang, M ChengPLoS One*, 2020•journalsPlosOrg 2020;15. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0234427>.
5. Xuan R, Wang J, Zhao X, Li Q, Wang Y, Du S, et al. Transcriptome analysis of goat mammary gland tissue reveals the adaptive strategies and molecular mechanisms of lactation and involution. *MdpiComR Xuan, J Wang, X Zhao, Q Li, Y Wang, S Du, Q Duan, Y Guo, Z Ji, T ChaoInternational Journal of Molecular Sciences*, 2022•mdpiCom 2022;23. <https://doi.org/10.3390/IJMS232214424>.
6. Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology | ScienceDirect n.d. <https://www.sciencedirect.com/book/9780323552271/cunninghams-textbook-of-veterinary-physiology> (accessed August 2, 2025).
7. Zhao K, Liu H, Zhou M, international JL-C biology, 2010 undefined. Establishment and characterization of a lactating bovine mammary epithelial cell model for the study of milk synthesis. *Wiley Online LibraryK Zhao, HY Liu, MM Zhou, JX LiuCell Biology International*, 2010•Wiley Online Library 2010;34:717–21. <https://doi.org/10.1042/CBI20100023>.
8. Nielsen MO, Cvek K, Dahlborn K. Evolution of the mammary capillary network and carbonic anhydrase activity throughout lactation and during somatotropin treatment in goats. *CambridgeOrgMO Nielsen, K Cvek, K DahlbornJournal of Dairy Research*, 2010•cambridgeOrg 2010;77:368–75. <https://doi.org/10.1017/S0022029910000208>.
9. Boras-Granic K, VanHouten J, Hiremath M, Wysolmerski J. Parathyroid hormone-related protein is not required for normal ductal or alveolar development in the post-natal mammary gland. *JournalsPlosOrgK Boras-Granic, J VanHouten, M Hiremath, J WysolmerskiPLoS One*, 2011•journalsPlosOrg 2011;6:27278. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0027278>.
10. Stumpf P, Welsch U. Secretory and defensive functions of the duct system of the lactating mammary gland of the African elephant (*Loxodonta africana*, Proboscidea). *SpringerP Stumpf, U WelschZoomorphology*, 2004•Springer 2004;123:155–67. <https://doi.org/10.1007/S00435-004-0098-3>.

11. Villadsen R, Fridriksdottir AJ, Rønnov-Jessen L, Gudjonsson T, Rank F, LaBarge MA, et al. Evidence for a stem cell hierarchy in the adult human breast. *RupressOrgR Villadsen, AJ Fridriksdottir, L Rønnov-Jessen, T Gudjonsson, F Rank, MA LaBarge*The Journal of Cell Biology, 2007•rupressOrg 2007;177:87–101. <https://doi.org/10.1083/JCB.200611114>.
12. Jumaah Y, & AK-IJ of FM, 2022 undefined. Histological and Histochemical Features of the Newly Lactating Udder in Local Breed She Goat (Caprice Hircus). *IjfmtComYR Jumaah, AKJ Karim*Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology, 2022•ijfmtCom 2022;16:376–80. <https://doi.org/10.37506/IJFMT.V16I3.18314>.
13. Hara A, Abe T, Hirao A, Sanbe K, Ayakawa H, Sarantonglaga B, et al. Histochemical properties of bovine and ovine mammary glands during fetal development. *JstageJstGoJpA Hara, T Abe, A Hirao, K Sanbe, H Ayakawa, B Sarantonglaga, M Yamaguchi, A Sato*Journal of Veterinary Medical Science, 2018•jstageJstGoJp 2018;80:263–71. <https://doi.org/10.1292/JVMS.17-0584>.
14. Vangroenweghe F, Van Den Broeck W, De Ketelaere A, Van Bree H, Duchateau L, Burvenich C. Endoscopic examination and tissue sampling of the bovine teat and udder cistern. *ElsevierF Vangroenweghe, W Van Den Broeck, A De Ketelaere, H van Bree, L Duchateau*Journal of Dairy Science, 2006•Elsevier 2006;89:1516–24. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72219-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72219-6).
15. Dos Santos SK, Oliveira MG, Noriler EP, Vrisman DP, Borges LPB, Santos VJC, et al. Mammary gland ultrasound evaluation of Jersey cattle breed. *SeerUfrgsBrSK Dos Santos, MG Oliveira, EP Noriler, DP Vrisman, LPB Borges, VJC Santos*Acta Scientiae Veterinariae, 2016•seerUfrgsBr 2016;44:1410. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.81211>.
16. Mavrogianni VS, Cripps PJ, Brooks H, Taitzoglou IA, Fthenakis GC. Presence of subepithelial lymphoid nodules in the teat of ewes. *Wiley Online LibraryVS Mavrogianni, PJ Cripps, H Brooks, IA Taitzoglou, GC Fthenakis*Anatomia, Histologia, Embryologia, 2007•Wiley Online Library 2007;36:168–71. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0264.2006.00720.X>.
17. Mavrogianni VS, Cripps PJ, Brooks H, Taitzoglou IA, Fthenakis GC. Presence of subepithelial lymphoid nodules in the teat of ewes. *Wiley Online LibraryVS Mavrogianni, PJ Cripps, H Brooks, IA Taitzoglou, GC Fthenakis*Anatomia, Histologia, Embryologia, 2007•Wiley Online Library 2007;36:168–71. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0264.2006.00720.X>.
18. Hardwick LJA, Phythian CJ, Fowden AL, Hughes K. Size of supernumerary teats in sheep correlates with complexity of the anatomy and microenvironment. *Wiley Online LibraryLJA Hardwick, CJ Phythian, AL Fowden, K Hughes*Journal of Anatomy, 2020•Wiley Online Library 2020;236:954–62. <https://doi.org/10.1111/JOA.13149>.
19. Catozzi C, Cuscó A, Lecchi C, De Carlo E, Vecchio D, Martucciello A, et al. Impact of intramammary inoculation of inactivated *Lactobacillus rhamnosus* and antibiotics on the milk microbiota of water buffalo with subclinical mastitis. *JournalsPlosOrgC Catozzi, A Cuscó, C Lecchi, E De Carlo, D Vecchio, A Martucciello, L D'Angelo*PloS One, 2019•journalsPlosOrg 2019;14. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0210204>.
20. Seroussi E, Blum SE, Krifucks O, Lavon Y, Leitner G. Application of pancreatic phospholipase A2 for treatment of bovine mastitis. *JournalsPlosOrgE Seroussi, SE Blum, O Krifucks, Y Lavon, G Leitner*PLoS One, 2018•journalsPlosOrg 2018;13. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0203132>.
21. Yan Y, Fan M, Zhu K, Miao Y, Zhao X, Pan M, et al. Immunolocalization of Antibacterial Peptide S100A7 in Goat Mammary Gland and Lipopolysaccharide Induces the Expression and Secretion of S100A7 in Goat 2021. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-722547/V1>.
22. Rossiter H, Barresi C, Ghannadan M, Gruber F, Mildner M, Födinger D, et al. Inactivation of VEGF in mammary gland epithelium severely compromises mammary gland development and function. *Wiley Online LibraryH Rossiter, C Barresi, M Ghannadan, F Gruber, M Mild-*

- ner, D Födinger, E Tschachler *The FASEB Journal*, 2007 • Wiley Online Library 2007;21:3994–4004. <https://doi.org/10.1096/FJ.07-8720COM>.
23. Islam MS, Matsumoto M, Tsuchida K, Oka T, Kanouchi H, Suzuki S. Immunohistochemical localization of nitric oxide synthase (NOS) in mouse mammary gland during reproductive cycle. *JstageJstGoJpMS Islam, M Matsumoto, K Tsuchida, T Oka, H Kanouchi, S Suzuki Journal of Veterinary Medical Science*, 2009 • *jstageJstGoJp* 2009;71:945–9. <https://doi.org/10.1292/JVMS.71.945>.
  24. FRANKE-RADOWIECKA A, WASOWICZ K. Adrenergic and Cholinergic Innervation of the Mammary Gland in the Pig. *Anat Histol Embryol* 2002;31:3–7. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0264.2002.00346.x>.
  25. Yonekura S, Ohata M, Tsuchiya M, Tokita H, Mizusawa M, Tokutake Y. Peg1/Mest, an imprinted gene, is involved in mammary gland maturation. *Wiley Online Library* Yonekura, M Ohata, M Tsuchiya, H Tokita, M Mizusawa, Y Tokutake *Journal of Cellular Physiology*, 2019 • Wiley Online Library 2019;234:1080–7. <https://doi.org/10.1002/JCP.27219>.
  26. Qian S, Yang Y, Li N, Cheng T, Wang X, Liu J, et al. Prolactin variants in human pituitaries and pituitary adenomas identified with two-dimensional gel electrophoresis and mass spectrometry. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2018;9:468. <https://doi.org/10.3389/FEN-DO.2018.00468/FULL>.
  27. Perumal P, De AK, Bhattacharya D, Chakurkar EB. Lactation stages modulate the hematological, serum biochemical, and endocrinological profiles and oxidative stress markers in crossbred cows under tropical humid. *Springer* Perumal, AK De, D Bhattacharya, EB Chakurkar *Tropical Animal Health and Production*, 2023 • Springer 2023;55. <https://doi.org/10.1007/S11250-023-03544-0>.
  28. Feuermann Y, Mabjeesh SJ, Shamay A. Leptin affects prolactin action on milk protein and fat synthesis in the bovine mammary gland. *Elsevier* Feuermann, SJ Mabjeesh, A Shamay *Journal of Dairy Science*, 2004 • Elsevier 2004;87:2941–6. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(04\)73425-6](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(04)73425-6).
  29. Milani ES, Brinkhaus H, Dueggeli R, Klebba I, Mueller U, Stadler M, et al. Protein tyrosine phosphatase 1B restrains mammary alveologenesis and secretory differentiation. *JournalsBiologistsComES Milani, H Brinkhaus, R Dueggeli, I Klebba, U Mueller, M Stadler, H Kohler, MJ Smalley* *Development*, 2013 • *journalsBiologistsCom* 2013;140:117–25. <https://doi.org/10.1242/DEV.082941>.
  30. Cordero A, Pellegrini P, Sanz-Moreno A, Trinidad EM, Serra-Musach J, Deshpande C, et al. Rankl impairs lactogenic differentiation through inhibition of the prolactin/Stat5 pathway at midgestation. *AcademicOupComA Cordero, P Pellegrini, A Sanz-Moreno, EM Trinidad, J Serra-Musach, C Deshpande* *Stem Cells*, 2016 • *academicOupCom* 2016;34:1027–39. <https://doi.org/10.1002/STEM.2271>.
  31. Nguyen DA, Parlow AF, Neville MC. Hormonal regulation of tight junction closure in the mouse mammary epithelium during the transition from pregnancy to lactation. *ResearchgateNetDA Nguyen, AF Parlow, MC Neville* *Journal of Endocrinology*, 2001 • *researchgateNet* 2001;170:347–56. <https://doi.org/10.1677/JOE.0.1700347>.
  32. Chaiyabutr N, Thammacharoen S, Komolvanich S, Chanpongsang S. Effects of long-term administration of recombinant bovine somatotropin on milk production and plasma insulin-like growth factor and insulin in crossbred Holstein cows. *CambridgeOrgN Chaiyabutr, S Thammacharoen, S Komolvanich, S Chanpongsang* *The Journal of Agricultural Science*, 2005 • *cambridgeOrg* 2005;143:311–8. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005538>.
  33. Casey T, Sun H, Burgess HJ, Crodian J, Dowden S, Cummings S, et al. Delayed lactogenesis II is associated with lower sleep efficiency and greater variation in nightly sleep duration in the third trimester. *JournalsSagepubComT Casey, H Sun, HJ Burgess, J Crodian, S Dowden,*

- S Cummings, K Plaut, D Haas, L Zhang *Journal of Human Lactation*, 2019 • journalsSagepub-Com 2019;35:713–24. <https://doi.org/10.1177/0890334419830991>.
34. Plath-Gabler A, Gabler C, Sinowatz F, Berisha B, Schams D. The expression of the IGF family and GH receptor in the bovine mammary gland. *StaticAminerCnA Plath-Gabler, C Gabler, F Sinowatz, B Berisha, D Schams Journal of Endocrinology*, 2001 • staticAminerCn 2001;168:39–48. <https://doi.org/10.1677/JOE.0.1680039>.
  35. Palin MF, Farmer C, Duarte CRA. TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM/BOLFA: Adipokines affect mammary growth and function in farm animals. *AcademicOupComMF Palin, C Farmer, CRA Duarte Journal of Animal Science*, 2017 • academicOupCom 2017;95:5689–700. <https://doi.org/10.2527/JAS2017.1777>.
  36. Li M, Li Q, Gao X. Expression and function of leptin and its receptor in dairy goat mammary gland. *CambridgeOrgM Li, Q Li, X Gao Journal of Dairy Research*, 2010 • cambridgeOrg 2010;77:213–9. <https://doi.org/10.1017/S0022029910000063>.
  37. Lin Y, Sciences QL-S in CSCL, 2007 undefined. Expression and function of leptin and its receptor in mouse mammary gland. *SpringerY Lin, QZ Li Science in China Series C: Life Sciences*, 2007 • Springer 2007;50:669–75. <https://doi.org/10.1007/S11427-007-0077-2>.
  38. Kritikou EA, Sharkey A, Abell K, Came PJ, Anderson E, Clarkson RWE, et al. A dual, non-redundant, role for LIF as a regulator of development and STAT3-mediated cell death in mammary gland. *Development* 2003;130:3459–68. <https://doi.org/10.1242/DEV.00578>.
  39. Bagci H, Laurin M, Huber J, Muller WJ, Côté JF. Impaired cell death and mammary gland involution in the absence of Dock1 and Rac1 signaling. *NatureComH Bagci, M Laurin, J Huber, WJ Muller, JF Cote Cell Death & Disease*, 2014 • natureCom 2014;5. <https://doi.org/10.1038/CDDIS.2014.338>.

## DAVRANIŞ FİZYOLOJİSİ

Durmuş HATİPOĞLU<sup>1</sup>

### 16.1.DAVRANIŞ NEDİR?

İnsanlık tarihi boyunca hayvanlarla kurulan etkileşimler, yalnızca pratik gereksinimlerin ötesinde, onların davranışsal örüntüleri, bilişsel yetenekleri ve duygusal spektrumlarına yönelik derin bir entelektüel merakı tetiklemiştir. Bu merakın kökleri o kadar derindir ki en eski mağara resimlerinin ana konusunu hayvanlar oluşturmuş, hatta yaklaşık 4.000 yıllık Girit medeniyetinden kalma, birbirine yiyecek aktaran iki yaban arısını betimleyen bir altın kolye gibi eserler, atalarımızın hayvan davranışlarına dair detaylı gözlemler yaptığını göstermektedir. Bu merak, hayvan davranışlarını bilimsel yöntemlerle inceleyen etoloji disiplininin doğuşuna ve gelişimine zemin hazırlamıştır. Özellikle son elli yılda, davranış bilimlerindeki paradigma değişimleri ve teknolojik ilerlemeler sayesinde, hayvanların çevrelerine verdikleri tepkiler, tür içi ve türler arası sosyal etkileşimleri, üreme stratejileri ve duyuşsal algıları hakkında kapsamlı ve derinlemesine bilgiler elde edilmiştir (1-4).

Davranış biyolojisi, hem hayvan hem de insan davranışlarını sistematik ve ampirik yöntemlerle inceleyen, disiplinler arası bir alandır. Genel algıda “davranış” terimi, havlayan bir köpek veya şarkı söyleyen bir kuş gibi gözle görülmür hareketlerle sınırlı olsa da, bilimsel literatürde çok daha geniş bir yelpazeyi kapsar. Bitkiler ve prokaryotlar dahi aktif hareket mekanizmaları sergileyebilirken, hareketsiz gibi görünen hayvanlar da kompleks davranışsal adaptasyonlar gösterebilir.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji AD.,  
drhatip@selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3790-7821

yinden, potansiyel eş havuzunun niteliğine ve sosyal çevrenin etkisine kadar bir dizi faktörün etkileşimiyle şekillenir. Bu titiz seçimin sonucunda dişiler, üreme başarılarına doğrudan yansıyan somut avantajlar elde edebilirler. Bu faydalar arasında daha yüksek doğurganlık, yavrularının daha başarılı olması, erkekten alınan ebeveyn bakımı, daha kaliteli bir yaşam alanının güvence altına alınması, erkek tacizinden korunma ve hastalık taşıma riskinin düşürülmesi sayılabilir.

Dişiler arasındaki bu rekabet, çeşitli davranışsal ve fizyolojik mekanizmalar aracılığıyla yürütülür. Damaraland çıplak köstebek sıçanlarında (*Cryptomys damarensis*), hiyerarşide altta bulunan dişilerin üremesi, dominant dişinin doğrudan bir saldırısı olmaksızın, fizyolojik düzeyde baskılanır. Mirketlerde (*Suricata suricatta*) ise dominant dişi, kendi gebeliği sırasında diğer gebe dişileri gruptan geçici olarak uzaklaştırarak rekabeti azaltır. Dişiler arasında yavru katli (infantisit) de gözlemlenen bir davranıştır. Örneğin, ev serçelerinde (*Passer domesticus*) yuvayı ele geçiren bir dişi, kendinden önceki dişinin yavrularını yuvadan atar. Çizgili mungoslar (*Mungos mungo*) ise bu riske karşı evrimleşmiş bir karşı-strateji olarak doğumlarını tüm grup içinde yüksek derecede eş zamanlı gerçekleştirir (Şekil 16.14)(106-108).



Şekil 14. Ev serçeleri ve çizgili mungoslarda rekabet.

## KAYNAKLAR

1. Zippel MN, Hazelwood C, Webster MF, et al. Animal Emotions and Consciousness: Researchers' Perceptions, Biases, and Prospects for Future Progress. *bioRxiv*. 2023.
2. Mendl M, Neville V, Paul ES. Bridging the Gap: Human Emotions and Animal Emotions. *Affective Science*. 2022;3(4):703-712.
3. Dugatkin LA. Principles of animal behavior: University of Chicago Press; 2020.
4. Breed MD, Moore J. Animal behavior: Academic Press; 2021.
5. Bergner RM. What is behavior? And so what? *New Ideas in Psychology*. 2011;29(2):147-155.
6. Brennan PL, Clark RW, Mock DW. Time to step up: defending basic science and animal behaviour. *Animal Behaviour*. 2014;94(10):101-105.

7. Slater PJB, Halliday T. Behaviour and evolution: Cambridge University Press; 1994.
8. Kappeler PM. Animal behaviour: An evolutionary perspective: Springer Nature; 2022.
9. Levitis DA, Lidicker WZ, Freund G. Behavioural biologists do not agree on what constitutes behaviour. *Animal Behaviour*. 2009;78(1):103-110.
10. Sumpter DJ. Collective animal behavior. Collective animal behavior: Princeton University Press; 2010.
11. Tinbergen N. On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 1963;20(4):410-433.
12. Irwin E, Campbell J, Wilson R, et al. Human adaptations in food, energy, and water systems. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. 2016;6(1):127-139.
13. Bateson P, Laland KN. Tinbergen's four questions: an appreciation and an update. *Trends in Ecology & Evolution*. 2013;28(12):712-718.
14. Coria-Avila GA, Pfaus JG, Orihuela A, et al. The neurobiology of behavior and its applicability for animal welfare: A review. *Animals*. 2022;12(7):928.
15. Zupanc GK. Behavioral neurobiology: an integrative approach: Oxford University Press, USA; 2010.
16. Langen M, Kas MJ, Staal WG, et al. The neurobiology of repetitive behavior: of mice.... *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2011;35(3):345-355.
17. Podberscek AL, Paul ES, Serpell JA. Companion animals and us: Exploring the relationships between people and pets: Cambridge University Press; 2005.
18. Serpell JA. Factors influencing human attitudes to animals and their welfare. *Animal Welfare*. 2004;13(S1):S145-S151.
19. Broom DM. Broom and Fraser's Domestic Animal Behaviour and Welfare 6th Edition: CABI; 2021.
20. Visha P, Sejian V. Physiology of Animal Behavior. In: Das PK, Sejian V, Mukherjee J, et al., editors. Textbook of Veterinary Physiology. Singapore: Springer Nature Singapore; 2023. p. 695-720.
21. Webster J. Animal welfare: Freedoms, dominions and "a life worth living". *Animals*. 2016;6(6):35.
22. McCausland C. The five freedoms of animal welfare are rights. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 2014;27(4):649-662.
23. Mellor DJ. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the "Five Freedoms" towards "a Life Worth Living". *Animals*. 2016;6(3):21.
24. Miczek K, Faccidomo S, Fish E, et al. Neurochemistry and molecular neurobiology of aggressive behavior. Handbook of neurochemistry and molecular neurobiology: Springer; 2007. p. 285-336.
25. Barrett JE, Nader MA. Neurochemical correlates of behavioral processes. *Drug development research*. 1990;20(3):313-335.
26. Roque L, Veríssimo M. Emotional context, maternal behavior and emotion regulation. *Infant Behavior and Development*. 2011;34(4):617-626.
27. Cruz KG, Leow YN, Le NM, et al. Cortical-subcortical interactions in goal-directed behavior. *Physiological reviews*. 2023;103(1):347-389.
28. Schmahmann JD, Pandya DN. Neuroanatomy and Behavioral Neurology of Subcortical Systems. *Dementia: Comprehensive Principles and Practices*. 2014:32.
29. Paul ES, Mendl MT. Animal emotion: Descriptive and prescriptive definitions and their implications for a comparative perspective. *Applied Animal Behaviour Science*. 2018;205:202-209.
30. Berridge KC, Scherer K. Comparing the emotional brains of humans and other animals. *Handbook of affective sciences*. 2003:25-51.

31. Pfau JG, FRANK A. BEACH AWARD: Homologies of Animal and Human Sexual Behaviors. *Hormones and Behavior*. 1996;30(3):187-200.
32. Benarroch EE. Periaqueductal gray: an interface for behavioral control. *Neurology*. 2012;78(3):210-217.
33. Lefler Y, Campagner D, Branco T. The role of the periaqueductal gray in escape behavior. *Current opinion in neurobiology*. 2020;60:115-121.
34. Schimitel F, de Almeida GM, Pitol D, et al. Evidence of a suffocation alarm system within the periaqueductal gray matter of the rat. *Neuroscience*. 2012;200:59-73.
35. Northcutt RG, Noback CR, Kallen B. Nervous system (vertebrate). 2023.
36. Chen Y-C, Konstantinides N. Integration of spatial and temporal patterning in the invertebrate and vertebrate nervous system. *Frontiers in Neuroscience*. 2022;16:854422.
37. Dyakonova V. Origin and evolution of the nervous system: new data from comparative whole genome studies of multicellular animals. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2022;53(1):55-64.
38. Gribkova ED, Lee CA, Brown JW, et al. A common modular design of nervous systems originating in soft-bodied invertebrates. *Frontiers in physiology*. 2023;14:1263453.
39. Shankland D. The nervous system: comparative physiology and pharmacology. Insecticide biochemistry and physiology: Springer; 1976. p. 229-270.
40. Gibbins I. Comparative anatomy and evolution of the autonomic nervous system. Comparative physiology and evolution of the autonomic nervous system: Routledge; 2021. p. 1-67.
41. Kaas JH. Evolution of nervous systems: Academic Press; 2016.
42. [Available from: <https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/diversity-of-nervous-systems/>].
43. Hochner B. An embodied view of octopus neurobiology. *Current biology*. 2012;22 (20): R887-R892.
44. Hanke FD, Kelber A. The eye of the common octopus (*Octopus vulgaris*). *Frontiers in physiology*. 2020;10:1637.
45. Amodio P, Fiorito G. Observational and other types of learning in Octopus. Handbook of behavioral neuroscience. 22: Elsevier; 2013. p. 293-302.
46. Spear NE, Miller JS, Jagielo JA. Animal memory and learning. *Annual review of psychology*. 1990.
47. Healy SD, Jones CM. Animal learning and memory: an integration of cognition and ecology. *Zoology*. 2002;105(4):321-327.
48. Ghafarimoghadam M, Mashayekh R, Gholami M, et al. A review of behavioral methods for the evaluation of cognitive performance in animal models: current techniques and links to human cognition. *Physiology & behavior*. 2022;244:113652.
49. Healy SD, Hurly TA, Godard J, et al. The function of episodic memory in animals. *Philosophical Transactions B*. 2024;379(1913):20230403.
50. Nie Y, Speakman JR, Wu Q, et al. Exceptionally low daily energy expenditure in the bamboo-eating giant panda. *Science*. 2015;349(6244):171-174.
51. Lima SL. Energy, predators and the behavior of feeding hummingbirds. *Evolutionary Ecology*. 1991;5(3):220-230.
52. Périquet S, Valeix M, Loveridge AJ, et al. Individual vigilance of African herbivores while drinking: the role of immediate predation risk and context. *Animal Behaviour*. 2010;79(3):665-671.
53. Scholz F, Kappeler PM. Effects of Seasonal Water Scarcity on the Ranging Behavior of *Eulemur fulvus rufus*. *International Journal of Primatology*. 2004;25(3):599-613.
54. Korb J, Linsenmair KE. Thermoregulation of termite mounds: what role does ambient temperature and metabolism of the colony play? *Insectes Sociaux*. 2000;47(4):357-363.

55. Du W-G, Zhao B, Chen Y, et al. Behavioral thermoregulation by turtle embryos. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(23):9513-9515.
56. Koolhaas JM, Bartolomucci A, Buwalda B, et al. Stress revisited: a critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2011;35(5):1291-1301.
57. Beehner JC, Bergman TJ. The next step for stress research in primates: To identify relationships between glucocorticoid secretion and fitness. *Hormones and Behavior*. 2017;91:68-83.
58. Reckardt K, Kerth G. Roost selection and roost switching of female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*) as a strategy of parasite avoidance. *Oecologia*. 2007;154(3):581-588.
59. Ter Hofstede HM, Fenton MB. Relationships between roost preferences, ectoparasite density, and grooming behaviour of neotropical bats. *Journal of Zoology*. 2005;266(4):333-340.
60. Stroeymeyt N, Grasse AV, Crespi A, et al. Social network plasticity decreases disease transmission in a eusocial insect. *Science*. 2018;362(6417):941-945.
61. Kerth G, Petrov B, Conti A, et al. Communally breeding Bechstein's bats have a stable social system that is independent from the postglacial history and location of the populations. *Molecular Ecology*. 2008;17(10):2368-2381.
62. Aulsebrook AE, Jones TM, Rattenborg NC, et al. Sleep ecophysiology: integrating neuroscience and ecology. *Trends in Ecology & Evolution*. 2016;31(8):590-599.
63. Rattenborg NC, Amlaner CJ, Lima SL. Behavioral, neurophysiological and evolutionary perspectives on unihemispheric sleep. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2000;24(8):817-842.
64. Asensio OI, Delmas MA. The dynamics of behavior change: Evidence from energy conservation. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2016;126:196-212.
65. Neukirch A. Dependence of the life span of the honeybee (*Apis mellifica*) upon flight performance and energy consumption. *Journal of comparative physiology*. 1982;146(1):35-40.
66. Harrison JF, Fewell JH. Environmental and genetic influences on flight metabolic rate in the honey bee, *Apis mellifera*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2002;133(2):323-333.
67. Masman D, Daan S, Dijkstra C. Time allocation in the kestrel (*Falco tinnunculus*), and the principle of energy minimization. *The Journal of Animal Ecology*. 1988;411-432.
68. Perdeck AC. Two types of orientation in migrating starlings, *Sturnus vulgaris* L., and chaffinches, *Fringilla coelebs* L., as revealed by displacement experiments. *Ardea*. 1958;55(1-2):1-2.
69. Bugnyar T, Kotrschal K. Observational learning and the raiding of food caches in ravens, *Corvus corax*: is it 'tactical' deception? *Animal behaviour*. 2002;64(2):185-195.
70. Witter MS, Cuthill IC. The ecological costs of avian fat storage. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 1993;340(1291):73-92.
71. Duncan AJ, Gordon IJ. Habitat selection according to the ability of animals to eat, digest and detoxify foods. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1999;58(4):799-805.
72. Rosenzweig ML. Habitat selection and population interactions: the search for mechanism. *The American Naturalist*. 1991;137:S5-S28.
73. Stamps J. Habitat selection. *The Princeton Guide to Ecology* Princeton University Press, New Jersey, USA. 2009:38-44.
74. Morris DW, Clark RG, Boyce MS. Habitat and habitat selection: theory, tests, and implications. *Israel Journal of Ecology & Evolution*. 2008;54(3-4):287-294.
75. Creel S, Christianson D, Liley S, et al. Predation risk affects reproductive physiology and demography of elk. *Science*. 2007;315(5814):960-960.
76. Pyke GH, Starr CK. Optimal foraging theory. *Encyclopedia of social insects*: Springer; 2021. p. 677-685.
77. Pyke GH. Optimal foraging theory: a critical review. *Annual review of ecology and systematics*. 1984;15:523-575.

78. James A, Plank MJ, Edwards AM. Assessing Lévy walks as models of animal foraging. *Journal of the Royal Society Interface*. 2011;8(62):1233-1247.
79. Schoener TW. Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics*. 1971;369-404.
80. Shukla SS, Jain SK, Kalyani G, et al. Zoopharmacognosy (Plant-Animal Interaction). Evidence Based Validation of Traditional Medicines: A comprehensive Approach: Springer; 2021. p. 727-741.
81. Ballard W. Predator-prey relationships. Biology and management of white-tailed deer: CRC Press; 2011. p. 264-299.
82. Heithaus MR, Vaudo JJ. Predator-prey interactions. *Biology of sharks and their relatives*. 2004;17:487-521.
83. Linley GD, Jolly CJ, Wooster EI, et al. Widespread resilience of animal species, functional diversity, and predator-prey networks to an unprecedented gigafire. *Journal of Applied Ecology*. 2024;61(12):2959-2970.
84. Drown RM, Liebl AL, Anderson CV. The functional basis for variable antipredatory behavioral strategies in the chameleon *Chamaeleo calyptratus*. *Journal of Experimental Biology*. 2022;225(10):jeb242955.
85. Barber JR, Conner WE. Acoustic mimicry in a predator-prey interaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007;104(22):9331-9334.
86. Rojas B, Valkonen J, Nokelainen O. Aposematism. *Current biology*. 2015;25(9):R350-R351.
87. Howell N, Sheard C, Koneru M, et al. Aposematism in mammals. *Evolution*. 2021;75(10):2480-2493.
88. Krause J. The effect of 'Schreckstoff' on the shoaling behaviour of the minnow: a test of Hamilton's selfish herd theory. *Animal Behaviour*. 1993;45(5):1019-1024.
89. Lutterschmidt WI, Marvin GA, Hutchison VH. Alarm response by a plethodontid salamander (*Desmognathus ochrophaeus*): conspecific and heterospecific "Schreckstoff". *Journal of Chemical Ecology*. 1994;20(11):2751-2759.
90. Parker E. Topological dissipation and the small-scale fields in turbulent gases. *Astrophysical Journal, vol 174, p 499*. 1972;174:499.
91. Bateman AJ. Intra-sexual selection in *Drosophila*. *Heredity*. 1948;2(3):349-368.
92. Baguette M, Bataille B, Stevens VM. Evolutionary ecology of fixed alternative male mating strategies in the Ruff (*Calidris pugnax*). *Diversity*. 2022;14(4):307.
93. Rohr-Bender VA, Kupán K, Lopez-Nava G, et al. Sex and morph variation in activity from early ontogeny to maturity in ruffs (*Calidris pugnax*). *Ethology*. 2025;131(3):e13543.
94. Vervoort R, Kempnaers B. Variation in lek attendance and copulation success of independent and satellite male ruffs *Calidris pugnax*. *Ardea*. 2020;107(3):303-320.
95. Arak A. Sexual selection by male-male competition in natterjack toad choruses. *Nature*. 1983;306(5940):261-262.
96. Maggioncalda AN, Czekala NM, Sapolsky RM. Male orangutan subadulthood: a new twist on the relationship between chronic stress and developmental arrest. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*. 2002;118(1):25-32.
97. McComb KE. Female choice for high roaring rates in red deer, *Cervus elaphus*. *Animal Behaviour*. 1991;41(1):79-88.
98. Simmons LW, Thomas ML, Simmons FW, et al. Female preferences for acoustic and olfactory signals during courtship: male crickets send multiple messages. *Behavioral Ecology*. 2013;24(5):1099-1107.
99. Dunn PO, Whittingham LA, Pitcher TE. Mating systems, sperm competition, and the evolution of sexual dimorphism in birds. *Evolution*. 2001;55(1):161-175.

100. Stockley P. Sexual conflict resulting from adaptations to sperm competition. *Trends in ecology & evolution*. 1997;12(4):154-159.
101. Maan ME, Seehausen O, Söderberg L, et al. Intraspecific sexual selection on a speciation trait, male coloration, in the Lake Victoria cichlid *Pundamilia nyererei*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 2004;271(1556):2445-2452.
102. Seehausen O, Terai Y, Magalhaes IS, et al. Speciation through sensory drive in cichlid fish. *Nature*. 2008;455(7213):620-626.
103. Lemmon EM. Diversification of conspecific signals in sympatry: geographic overlap drives multidimensional reproductive character displacement in frogs. *Evolution*. 2009;63(5):1155-1170.
104. Lemmon EM, Lemmon AR. Reinforcement in chorus frogs: lifetime fitness estimates including intrinsic natural selection and sexual selection against hybrids. *Evolution*. 2010;64(6):1748-1761.
105. Mendelson TC, Shaw KL. The (mis) concept of species recognition. *Trends in ecology & evolution*. 2012;27(8):421-427.
106. Clarke F, Miethe G, Bennett N. Reproductive suppression in female Damaraland mole-rats *Cryptomys damarensis*: dominant control or self-restraint? *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 2001;268(1470):899-909.
107. Kutsukake N, Clutton-Brock TH. Aggression and submission reflect reproductive conflict between females in cooperatively breeding meerkats *Suricata suricatta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2006;59(4):541-548.
108. Gilchrist JS. Reproductive success in a low skew, communal breeding mammal: the banded mongoose, *Mungos mungo*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2006;60(6):854-863.

## ÇEVRE FİZYOLOJİSİ

Füsun AK SONAT<sup>1</sup>

## | 17.1 GİRİŞ

Canlı organizmaların yaşamlarını sürdürebilmeleri, iç ortamlarının belirli bir denge (homeostazis) içinde tutulmasına bağlıdır. Bu dengenin en önemli bileşenlerinden biri beden ısısıdır. Beden ısısı, organizmanın metabolik faaliyetleri sonucu oluşan ısı üretimi ile çevresine verdiği ısı arasındaki dinamik bir dengeyi ifade eder. Özellikle sıcakkanlı organizmalarda beden ısısının belirli bir aralıkta sabit tutulması, enzimatik reaksiyonların etkinliği, hücresel metabolizmanın sürekliliği ve organ fonksiyonlarının optimal düzeyde gerçekleşebilmesi için hayati öneme sahiptir. Bedende oluşan kimyasal tepkimeler ve bedensel görevler için ısıya gereksinim vardır. Yaşamın sürekliliği, kimyasal enerjinin ısıya dönüşmesine bağlıdır.

Modern fizyoloji ve veteriner bilimlerinde beden ısısı hem temel bir fizyolojik parametre hem de klinik bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Özellikle hayvan sağlığının izlenmesinde, beden ısısındaki değişiklikler, enfeksiyonlar, inflamasyon, stres ve termal çevre koşullarına karşı organizmanın yanıtı hakkında önemli ipuçları verir. Bu nedenle hem araştırma hem de klinik uygulamalar açısından beden ısısının izlenmesi, değerlendirilmesi ve düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu bölümde beden ısısının fizyolojik temelleri, düzenleyici mekanizmaları, türler arası farklılıkları, çevresel stres faktörlerine karşı termoregülatif yanıtları,

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Fizyoloji AD.,  
fusunak@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3308-0778

## KAYNAKLAR

1. Guyton, AC, & Hall, JE. Textbook of Medical Physiology (14th ed.). Philadelphia: Elsevier; 2021. p. 901-909.
2. Noyan A. Yaşamda ve Hekimlikte Fizyoloji (13. Baskı). Alp Yayınevi, Meteksan Ankara; 2003. Sf. 957-975.
3. Romanovsky, A A. Skin temperature: its role in thermoregulation. *Acta Physiologica*; 2014; 210(3), 498–507.
4. Morrison, SF, & Nakamura, K. Central neural pathways for thermoregulation. *Frontiers in Bioscience*; 2011;16(1),74–104.
5. Tan, CL, & Knight, ZA. Regulation of body temperature by the nervous system. *Neuron*; 2018;98(1), 31–48.
6. Boulant, J. A. Role of the preoptic-anterior hypothalamus in thermoregulation and fever. *Clinical Infectious Diseases*; 2000;31(Supplement\_5), S157–S161.
7. Refinetti, R, & Menaker, M. The circadian rhythm of body temperature. *Physiology & Behavior*; 1992;51(3), 613–637.
8. Collier, RJ, Collier, JL, Rhoads, RP, & Baumgard, LH. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science*; 2012 ; 95(3), 1418-1426.
9. Renaudeau, D, et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*; 2012; 6(5), 707–728.
10. Gaughan, JB, et al. Heat tolerance in animals: Mechanisms and thermoregulation. *International Journal of Biometeorology*; 2008; 52(3), 187–194.
11. West, JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*; 2003; 86(6), 2131-2144.
12. Hansen, P. J. *Journal of Animal Science*; 2007; 85(13\_suppl), E32–E44.
13. Zhou, J, et al. *Theriogenology*; 2016; 86(9), 2032–2040.
14. do Amaral, BC, et al. *Journal of Dairy Science*; 2011; 94(12), 5900–5912.
15. Collier, RJ, et al. *Journal of Dairy Science*; 2012; 95(3), 1418–1426.
16. Tajima, K, et al. *Journal of Dairy Science*; 2007; 90(4), 1985–1995.
17. Hines, M. T. Immunologic effects of stress in horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*; 2010; 26(3), 443–456.
18. Quimby, JM, & Lappin, MR. Feline heat stroke. In *Consultations in Feline Internal Medicine*; 2015;
19. Hall, EJ, Carter, AJ, & Bradbrook, CA. Heatstroke: a review of veterinary literature. *The Veterinary Record*; 2001; 149, 464–471.
20. Young, B. A. Cold stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*; 1981; 52(1), 154–163.
21. Collier, RJ, Collier, JL, Rhoads, RP, & Baumgard, LH. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science*; 2012; 91(2), 445–454.
22. Choshniak, I, McEwan-Jenkinson, D, & Kelly, JM. Metabolic responses to cold exposure in ruminants. *Livestock Production Science*; 1995; 44(2), 113–127.
23. Olbrich, SE, et al. Environmental temperature modulates metabolism and growth performance in dairy calves. *Frontiers in Veterinary Science*; 2020; 7, 556.
24. Hirata, M, et al. Effects of chronic cold stress on plasma levels of cytokines and corticosterone in rats. *Journal of Veterinary Medical Science*; 2007; 69(5), 545–550.
25. Rousing T, Bonde, M, & Sørensen, JT. Behavioral characteristics of organic loose-housed pigs in cold and warm seasons. *Applied Animal Behaviour Science*; 2006; 99(1-2), 45–55.
26. Yahav, S. Domestic fowl – strategies to confront environmental conditions. *Avian and Poultry Biology Reviews*; 2000; 11(2), 81–95.

27. Hines, MT. Immunologic effects of stress in horses. *Veterinary Clinics: Equine Practice*; 2010; 26(3), 443–456.
28. Gaskell, R, Dawson, S, & Radford, A. Feline respiratory disease. *Veterinary Respiratory Medicine*; 2007; 3, 87–103.
29. Chown, SL, & Nicolson, SW. *Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns*. Oxford University Press; 2004. p. 154-175.
30. Gibb H, & Parr, CL. Does structural complexity determine the morphology of assemblages? An experimental test on three continents. *PLoS ONE*; 2013; 8(5), e64005.
31. Tracy, CR, et al. The importance of climate and physiology in determining the distribution of species. *Nature Climate Change*; 2010; 1(1), 42–45.
32. Schmidt-Nielsen, K. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. Cambridge University Press. 1997. p. 217-241
33. Hahn, GL. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*; 1999; 77(suppl\_2), 10-20.
34. Zimbelman, RB, et al. Estimating heat stress effects on lactating dairy cows with the temperature humidity index. *Journal of Dairy Science*; 2009; 92(1), 277-283.
35. Hodgson, DR, Davis, RE, & McConaghy, FF. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *British Veterinary Journal*; 1994; 150(3), 219-235.
36. Buffington, CAT. External and internal stressors: Implications for gastrointestinal health of cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*; 2002;4(2), 111-118.
37. Drobatz, KJ & Macintire, DK. Heat-induced illness in dogs: 42 cases (1976–1993). *Journal of the American Veterinary Medical Association*; 1996; 209(11), 1894–1899.
38. Art, T, & Lekeux, P. Training-induced modifications in cardiorespiratory and ventilatory measurements in the horse. *Equine Veterinary Journal*; 1993; 25(S15), 160–165.
39. Dikmen, S, & Hansen, PJ. Is the temperature–humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*; 2009;92(1), 109–116.
40. Rhodes, J. Physiology and genetics of pulmonary hypertension in cattle. In: *Advances in Experimental Medicine and Biology*; 2005;Vol. 588, pp. 95–107.
41. Holt, TN, & Callan, RJ. Pulmonary arterial hypertension and brisket disease. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*; 2007;23(3), 623–641.
42. Eaton, KA, et al. Feline pulmonary hypertension associated with chronic high-altitude exposure. *Journal of Veterinary Internal Medicine*; 2009; 23(3), 574–578.
43. Yokoyama, T, et al. Hematological and biochemical changes in dogs living at high altitude. *Journal of Veterinary Medical Science*; 2015; 77(4), 451–455.
44. Grandjean, D, Paragon, BM, & Berthelot, V. Metabolic adaptation of dogs during high altitude exercise. *Journal of Nutrition*; 1997; 127(5), 1700S–1704S.
45. Bradshaw, WE, & Holzapfel, CM. What season is it anyway? Circadian tracking vs. photoperiodic anticipation in insects. *Journal of Biological Rhythms*; 2010; 25(3), 155-165.
46. Gaston, KJ, et al. The biological impacts of artificial light at night: the research challenge. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*; 2015; 370(1667), 20140133.
47. Longcore, T, & Rich, C. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*; 2004; 2(4), 191–198.
48. van Langevelde, F, et al. Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights. *Global Change Biology*; 2011;17(9), 2647–2654.
49. Dominoni, D, et al. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society*; 2013; B, 280(1756), 20123017. doi: 10.1098/rspb.2012.3017. Print 2013 Apr 7.

50. Reiter, RJ. Melatonin: the chemical expression of darkness. *Mol Cell Endocrinol*; 1991; 79(1-3), C153-158.
51. Yoshimura, T, Yasuo, S, et al. Light-induced hormone conversion of T4 to T3 regulates photoperiodic response of gonads in birds. *Nature*; 2003; 426(6963), 178-181.
52. Goldman, B. D. Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *J Biol Rhythms*; 2001; 16(4), 283-301.
53. Zucker, I. Circannual rhythms and photoperiodism in mammals. *Hormones and Behavior*; 2001; 40(3), 272-282.
54. Dahl, GE, Buchanan, BA, & Tucker, HA. Photoperiodic effects on dairy cattle: a review. *J Dairy Sci*; 2000; 83(4), 885-893.
55. Mercer, JG, Moar, KM, Logie, TJ, et al. Photoperiod regulates the expression of leptin and its receptor in Siberian hamster. *Endocrinology*; 2001; 142(5), 2135-2143.
56. Takahashi, JS, et al. The genetics of mammalian circadian order and disorder: implications for physiology and disease. *Nature Reviews Genetics*; 2008; 9(10), 764-775.
57. Pevet, P, & Challet, E. Melatonin: both master clock output and internal time-giver in the circadian clocks network. *Journal of Physiology-Paris*; 2011; 105(4-6), 170-182.
58. Goldman, BD. Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *Journal of Biological Rhythms*; 2001; 16(4), 283-301.
59. Scheiermann, C, et al. Clocking in to immunity. *Nature Reviews Immunology*; 2013; 13(8), 512-520.
60. Piccione, G, et al. Daily rhythm of serum lipids in cows fed at different times. *Chronobiology International*; 2005; 22(6), 1197-1207.
61. Takahashi, JS. Transcriptional architecture of the mammalian circadian clock. *Nature Reviews Genetics*; 2017; 18(3), 164-179.
62. Dibner, C, Schibler, U, & Albrecht, U. The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks. *Annual Review of Physiology*; 2010; 72, 517-549.
63. Zanghi, BM. Circadian rhythms of physiology and behavior in dogs: an overview. *The Veterinary Journal*; 2016; 215, 58-69.
64. Karatsoreos, IN. Effects of circadian disruption on mental and physical health. *Current Neurology and Neuroscience Reports*; 2012; 12(2), 218-225.
65. McEwen, B. S. Protective and damaging effects of stress mediators. *New England Journal of Medicine*; 1998; 338(3), 171-179.
66. Horowitz, M. From molecular and cellular to integrative heat defense during exposure to chronic heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*; 2002; 131(3), 475-483.
67. Spreng, M. Central nervous system activation by noise. *Noise and Health*; 2000; 2(7), 49-58.
68. Semenza, G. L. Hypoxia-inducible factor 1: Control of oxygen homeostasis in health and disease. *Pediatric Research*; 2001; 49(5), 614-617.
69. Koolhaas, JM, Bartolomucci, A, Buwalda, B, et al. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 2011; 35(5), 1291-1301.
70. Sahin, K, Sahin, N, & Kucuk, O. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry: A review. *Nutrition and Metabolism*; 2009; 6(1), 1-6.
71. Bedrosian, TA, Fonken, LK, Walton, J C, & Nelson, RJ. Chronic exposure to dim light at night suppresses immune responses in Siberian hamsters. *Biology Letters*; 2011; 7(3), 468-471.
72. Morgan, K N, & Tromborg, C. T. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*; 2007; 102(3-4), 262-302.
73. Bartsch, P, & Swenson, E R. Clinical practice: Acute high-altitude illnesses. *New England Journal of Medicine*; 2013; 368(24), 2294-2302.