

Veteriner ve Deneysel Anatomide Modern Yaklaşımlar



Editör
AYŞE HALIGÜR



BİDGE Yayınları

Veteriner ve Deneysel Anatomide Modern Yaklaşımlar

Editör: AYŞE HALIGÜR

ISBN: -

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2025-12-25

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



VETERİNER VE DENEYSEL ANATOMİDE MODERN YAKLAŞIMLAR

Önsöz

Veteriner anatomi, hayvanların yapısal organizasyonunu sistematik bir bütünlük içinde ele alan ve klinik uygulamalar, cerrahi girişimler, tanısal yöntemler ile deneysel araştırmaların temelini oluşturan vazgeçilmez bir bilim dalıdır. Sağlam bir anatomik altyapı, veteriner hekimliğin tüm uygulama alanlarında doğru değerlendirme ve güvenli müdahale için temel bir gerekliliktir. Bu nedenle anatomik yapıların doğru ve kalıcı biçimde öğrenilmesi, yalnızca teorik bilgiyle değil, gerçek anatomik materyallerle desteklenen uygulamalı eğitimle mümkün olmaktadır. Bu bağlamda kadavra, veteriner anatomi eğitiminde tarihsel süreç boyunca önemini koruyan temel bir öğretim aracıdır. Ancak kadvraların biyolojik özellikleri nedeniyle kısa sürede bozulmaya uğraması, enfeksiyon riski taşıması ve güvenli kullanım gereklilikleri, etkili tespit ve koruma yöntemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Mumyalama gibi erken dönem uygulamalardan başlayarak formaldehit temelli kimyasal solüsyonlara ve günümüzde geliştirilen alternatif yöntemlere kadar uzanan bu süreçte, temel amaç dokuların anatomik bütünlüğünü ve doğal yapısını koruyarak uzun süreli ve güvenli kullanım sağlamaktır.

Bu kitap, veteriner anatomi eğitiminde kullanılan kadvraların hazırlanması, tespiti ve muhafazasında uygulanan yöntemleri; kullanılan kimyasal maddeler, tespit solüsyonları ve güncel yaklaşımlar çerçevesinde ele almak amacıyla hazırlanmıştır. Kadavra tespitinde yaygın olarak kullanılan kimyasalların etki mekanizmaları, avantajları ve sınırlılıkları literatür verileri ışığında değerlendirilmiş; farklı solüsyonların bileşimleri ve kullanım amaçları sistematik biçimde sunulmuştur. Ayrıca kadavra kullanımının eğitimsel katkıları, laboratuvar güvenliği ve etik yaklaşımlar ile birlikte röntgen, plastinasyon ve rat beyninin haritalamasının modern görüntüleme teknikleriyle harmanlanarak anatomi eğitimine sağladığı katkılara da yer verilmiştir.

Eserde sunulan bilgilerin; veteriner fakültelerinde öğrenim gören lisans ve lisansüstü öğrenciler için temel bir başvuru kaynağı olmasının yanı sıra, veteriner anatomi alanında görev yapan akademisyenler ve uygulayıcılar için de yol gösterici nitelik taşıması amaçlanmıştır. Çok yazarlı bir çalışma olarak planlanan bu kitabın, veteriner anatomi eğitimine ve bilimsel birikime anlamlı katkılar sağlayacağına inanıyoruz

İÇİNDEKİLER

ANATOMİK MODEL KADAVRA HAZIRLAMADA KULLANILAN KİMYASALLAR	1
<i>UĞUR COŞKUN ÖZÇELİK, EMİNE ÜMRAN ÖRSÇELİK</i>	
TEMEL ANATOMİ EĞİTİMİNDE PLASTİNASYON VE ÖNEMİ	18
<i>MAHMUT YARDIMCI, YILDIRIM ÇELİK</i>	
VETERİNER ANATOMİDE RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ	32
<i>MAHMUT YARDIMCI</i>	
RATLARDA TEMEL BEYİN MORFOLOJİSİ VE İŞLEVLERİ	44
<i>SERMİN SARI ÇABUK, EMİNE ÜMRAN ÖRSÇELİK</i>	

ANATOMİK MODEL KADAVRA HAZIRLAMADA KULLANILAN KİMYASALLAR BÖLÜM 1

**Uğur Coşkun ÖZÇELİK¹
Emine Ümran ÖRSÇELİK²**

Giriş

Anatomi derslerinin akışında genellikle anatomik modeller, çeşitli atlaslar ve bilgisayar programları gibi yardımcı araçlar kullanılmaktadır. Anatomi eğitiminin temelinde kadavra kullanımı yer almaktadır. Kadavra hem bir bütün olarak hem de tek başına organlar halinde de kullanılabilir. Ancak kadvranın hızla bozulması, hastalık bulaştırma riskini barındırıyor olması gibi sebeplerden dolayı eğitim aracı olarak kullanılabilmesi için çeşitli işlemlerden geçmesi elzemdir (Piechock, R. 1961). Bu işlemler kimyasal maddelerle kadvraların tespit edilmesidir. Bilim insanları bu nedenle kadvraları bozulmadan güvenli bir şekilde, uzun süre muhafaza edebilecek bir yöntem bulmak için çalışmışlardır. Bu çalışmada en çok kullanılan kadavra tespit solüsyonları ve güncel kadavra koruma tekniklerinin literatür bilgisi dahilinde derlenmesi amaçlanmıştır.

¹ Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Anatomisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-2797-4983.

² Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-9616-7053.

2. KADAVRA TESPİTİNİN TARİHÇESİ

Tıp fakültesi, veteriner hekimlik ve hemşirelik öğrencilerinin gözlemleyerek, üzerinde çalışmalar yapmak amacıyla kullandığı canlılığını kaybetmiş insan ya da hayvan vücuduna kadavra denir. Eğitim ve araştırmalarda kadvraları bozulmadan kullanmak için bazı teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi Mısırlılar tarafından bulunan 17.yy’a kadar kadvraların korunması ve saklanması amacıyla kullanılan mumyalama tekniğidir. Eski Mısırlılar ruhun korunan bedene geri döneceğine inandıkları için mumyalamayı büyük ölçüde geliştirmişlerdi. Mumyalama işinden uzman rahipler sorumluydu. Çin’de Han hanedanı döneminden gene mumyalama ile yapay olarak korunmuş kalıntılar bulunmuştur. Etiyopyalılar, Perulular, Jivaro Kızılderilileri, Aztekler, Toltekler, Mayalar, Tibetliler ve Güney Nijeryalı kabileler antik çağda mumyalama tekniklerini kullandığı bilinen diğer kültürlerdir.

Alman bilim insanı ve kimyacı August Wilhelm von Hofmann tarafından 1868 yılında keşfedilen formaldehit modern kadavra koruma teknikleri için bir başlangıç olmuştur (Von Hagens G, Whalley A. 2010). Hemen sonrasında 1886 yılında, Laskowski kadvrayı kurumadan muhafaza etmek için gliserin, saklamak için de fenolden oluşan Cenevre tespit solüsyonunu geliştirmiştir. 1800’lü yılların sonunda ise çoğunlukla bu solüsyon ve formaldehit karışımı kullanılmıştır. Günümüzde ise kadavra tespit solüsyonu olarak en yaygın kullanılan sıvılar formaldehit, fenol, timol, gliserin,

etanol ve distile su karışımlarıdır. Brenner (2014) ideal bir tespit solüsyonunu dokuları kurutmadan, sertleştirmeden, renklerini değiştirmeden doğal yapılarını koruyup uzun süre muhafaza edebilen bakteriyostatik etkili bir solüsyon olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma uyacak tespit solüsyonunu geliştirmek üzere yapılan çalışmaların birçoğunda zararlı etkilerinin bilinmesine rağmen formaldehitin azalan oranlarda da olsa kullanıldığı görülmektedir. Çeşitli ülkelerde bu sakıncaları gidermek amacıyla çalışma ortamlarındaki formaldehit yoğunluğuna ve değişik yoğunluklardaki çalışma sürelerine sınırlamalar getirilmiştir (Siemiatkowski, M., Ploen, L., Bjorkman, N. 1988). Ayrıca kadavra koruma sıvısı olarak tuz, tanin, civa klorür ve aromatik yağların kullanımı da denenmiştir. Bilim insanları ideal bir tespit solüsyonu geliştirmek üzere halen çalışmalar yapmaktadırlar.

3. KADAVRANIN KULLANIM AMAÇLARI

Yaklaşık olarak 1750’li yıllardan beri insan ve hayvana ait dokular, kadavra olarak sağlık alanında eğitim gören öğrencilere anatomik bilgi vermek amacıyla kullanılmaktadır. Korunmuş insan vücudu örneklerinin görüntülenmesi, sağlık farkındalığı mesajlarını mesafe ve zaman olarak uzaklara taşır. Bu yöntem birçok diyagram ve çizimden ve şekilden daha etkilidir. Örneğin kararmış bir akciğer, bir kişiyi sigara içmekten vazgeçirir veya sirozlu bir karaciğer kişiyi alkolden caydırır. Anatomi bilim dalındaki eğitimin temelini

oluşturan kadavranın hazırlanması büyük öneme sahiptir (Yıldız B, İkiz İ. 1993). Eğitim için kadavra kullanımı, öğrencilerin kadavrayı birebir öğrenmesi, ona temas etmesi, çeşitli işlemler uygulamasına olanak tanınması açısından önemlidir.

4.KADAVRA YAPIMINDA KULLANILAN SIVILAR

Pre-injeksiyon sıvısı, arteriel kadavra sıvısı ve vücut boşlukları sıvısı olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır.

4.1. Pre-injeksiyon Sıvısının Kullanım Amacı

Vücutta renk değişimine sebep olan kanı uzaklaştırmak ve drenaj sağlamak amacıyla kullanılan sıvılardır.

4.2. Arterial Kadavra Sıvısının Kullanım Amacı

Kadavranın uzun süre bozulmadan muhafazasını sağlayan esas sıvılardır. Patojen mikroorganizmaları öldürdüğünden hastalıkların yayılmasını engeller. Vücut enzimlerinin oluşturduğu otolize karşı kadavrayı korur. Vücuda canlı bir görünüm vererek, büküm ve kıvrım bölgelerinin normal şeklini korumasına yardımcı olurlar.

4.3. Vücut Boşlukları Sıvısının Kullanım Amacı

Arteriel kadavra sıvısının iç organların tespitinde kullanılmak üzere vücut boşluklarına verilmesidir.

5. ARTERİAL KADAVRA SIVILARININ İÇERİKLERİ

5.1. Fenol

Kokuyu önlemek amacıyla koku ve çürüme yapan bakterilere karşı koruyucu olarak kullanılır.

5.2. Gliserin

Kadavrada otolizi önlemek ve canlı organizmadaki haline en yakın şekliyle kalmasını sağlamak amacıyla yapılan kimyasal koruma işlemidir. Dokuların yumuşak bir şekilde kalmasını sağlamaktadır.

5.3. Formaldehit

Koruyucu amaçla kullanılan ve birçok ülkede kullanımına miktar ve süre olarak yasal sınırlandırmalar getirilen maddedir.

Maliyeti düşük olan formaldehite formalin şeklinde kolayca ulaşılabilmektedir. Küf ve mantar harici mikroorganizmalarda yüksek toksisitesi vardır. Normal durumdaki dokuları hızlı şekilde tespit ederek, otolitik enzimler üzerinde kokuşmaya karşı çözülmesi güç bileşikler oluşturur. Tüm bu avantajlarının yanında kan damarlarını sertleştirir ve atmosferdeki oksijenle formik aside okside

olarak zamanla bozulmaktadır. Işığa maruz bırakıldığında asiditesi artarak bozulması hızlanmaktadır (Şendemir, E 1991).

6.KADAVRA TESPİTİNDE KULLANILAN SOLÜSYONLAR

Kadavra koruma amacıyla en çok tercih edilen solüsyonlar aşağıda belirtilmiştir.

6.1. Spence'in kadavra tespit sıvısı bileşimi

- Formaldehit 2lt
- Metil alkol 4lt
- Gliserin 600 ml
- Fenol 800 g
- Su 3 lt

Spence'in bu bileşimi 64 kg vücut ağırlığına sahip bir canlı için düzenlenmiştir (Spence, T.F., Zuckerman, S. 1967).

6.2. Norville'nin kadavra tespit sıvısı bileşimi

- Formadehit (%40) 508.032 g
- Boraks (%100) 108 g
- Sodyum nitrat (%100) 108 g

-Borik asit (%100) 57.99 g

-Gliserin (%95) 114.307 g

-Eosin (%100) 14.5 g

-Sitronel Yağı (%100) 18.14 g

Norville'nin bu bileşimi su ilave edilerek 2.275 litreye tamamlandıktan sonra kullanılmaktadır (Norville, C.D. 1956).

6.3. Erskine'in kadavra tespit sıvısı bileşimi

-Etil alkol 1 lt

-Formaldehit(%40) 2.5lt

-Gliserin 5 lt

-Fenol 500 g

-Sodyum arsenat 100 g

-Salisilik asit 175 g

-Klortimol 25 g

Erskine bu bileşimin 3 adet eriyik halinde hazırlanıp birbirine karıştırarak kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca; bu eriyiğin çok iyi bir fungusit ve kuvvetli bir higroskopik olduğu bilinmektedir. Bu teknikte:

-100 g sodyum arsenat 2 lt gliserin içerisinde ısıtılarak eritilir.

-Eriyik 40-35°C'ye soğutulmadan önce 175 g salisilik asit eklenir.

-500 g fenol 1 lt etil alkol içerisinde eriyik hale getirilir.

-2 lt gliserin-sodyum arsenat-salisilik asit eriyiği 3 lt gliserin ve 2,5 lt formaldehit ile karıştırılır ve 500 g fenol 1 lt etil alkol eriyiği ve 25 g klortimol ilave edilir. Bu son bileşim kullanılmadan hemen önce hazırlanmalıdır. Bu karışımın bir diğer önemli özelliği ise içerisine hiç su katılmamasıdır (Erkine, V.C .A 1960).

6.4. Kinnamon'un kadavra tespit sıvısı bileşimi

-Fenol 18 lt

-Gliserin 23 lt

-Etanol 15 lt

-Timol 200 g

-Formalin 9.5lt

Kinnamon'un bu bileşimi bidistile su ile 140 lt'ye tamamlanır. Ekstremiteler baş ve boynun iyi tespit edilebilmesi için 24-36 saat kadavranın tespit yerinde kalması önemlidir. Kadavra tespit edildikten sonra saklanması veya muhafazası için nemlendirici ek bir solüsyona daha ihtiyaç duyulmaktadır. Bu solüsyon aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

6.5. Kinnamon'un kadavra saklama solüsyon bileşimi

- Gliserin 800 ml
- Etanol 267 ml
- Fenol 133 ml
- Timol 1.66 g
- Distile su 2798.34 ml

Nemlendirici bu solüsyon kavrallararın ıslatılmış tlbentlere sarılarak plastik poşetlere koyulmasıyla etkisini gstermektedir. Kinnamon'un kullandığı bu teknikle dehidratasyonun az olması, dokuların normal biçimlerini koruması, saklanmasıda soğuk hava sistemine ihtiyaç duyulmaması gibi nemli avantajları bulunmaktadır. Kinnamon tekniğiyle kullanılacak kavra ve organlar, içeriğinde formaldehit czeltisi bulunan zel havuzlarda 1-2 yıl gibi bir sre saklanabilmektedir. Formaldehit içeren bu czeltiler kavrallararın kullanımı sırasında dokuların ıslak ve kaygan olması sebebiyle kavra zerinde işlemlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Formaldehit czeltisi dokularda renk değişikliğine sebep olmakta ve dokular grimtrak bir renk almaktadır (Kinnamon, K.E., Holborow, G .S., Simmonds, R.C., Sheridan, M.N. 1984).

6.6. Larssen solyonu'nun orijinal kompozisyonu

- Sodyum klorid 500 g
- Sodyum bikarbonat 900 g
- Kloral hidrat 1000 g

- Sodyum sülfat 1100 g
- Formalin(% 10) 500 ml
- Distile su 1000ml

6.7. Modifiye edilmiş Larssen solüsyonu bileşimi

- Formalin(%10) 100 ml
- Gliserol 400 ml
- Khloral hidrat 200 g
- Sodyum sülfat 200 g
- Sodyum bikarbonat 200 g
- Sodyum klorid 180 g
- Distile su 2000 ml

Yukarıda sunulan karışımdan 1 birim alınır ve 3 birim distile su ile oda ısısında karıştırılarak sonrasında 11 litrelik plastik konteynerlere alınarak depo edilebilir. Kadavranın bu solüsyonla tespit edildikten sonra demir kancalarla asılı pozisyonda plastik kaplara alınarak

-16 ile -20°C de 4 ay kadar muhafaza edilebildiği belirtilmektedir (Silva RM, Matera JM, Riberio AA. 2007).

6.8. Tuzlu su

Eğitim için kadavra kullanımı, kadavrayı tespit edebilmek için de kullanılması gereken formaldehit ve taşıdığı riskler göz önüne alındığında formaldehit içermeyen tespit solüsyonlarının kullanımını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle bazı araştırmacılar formaldehite göre daha avantajlı olarak musluk suyu (%87), salamura tuzu (%13) ve üreticinin önerdiği oranlarda antioksidan karışımının kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Friker J, Zeiler E, McDaniel BJ. 2007). Bu solüsyon salamura tuzu, etanol, polietilen glikol (purisol E 400; yumuşatıcı olarak), mercan köşk bitkisi yağı (güzel koku için) ve musluk suyu karışımının %6'lık formaldehitten daha iyi sonuçlar vermesini sağlayan fiksasyon-preservasyon solüsyonudur. Maliyetinin düşük olması, kullanan kişilerde ve evre için çok fazla risk barındırmaması gibi avantajlarının olması sebebiyle fiksasyon-preservasyon solüsyonunun formaldehite tercih edilebileceği ifade edilmektedir (Janczyk P, Weigner J, Luebkebecker A, Kaessmeyer S, Plendl J. 2011).

6.9. Alkid resin

Bu yaklaşımın temeli bazı organlardan su ve yağın uzaklaştırılması ve koruyucu olarak vernik, tiner ve gliserol gibi minimum malzemelerden ve ucuz kimyasallardan faydalanmaktır. Bu teknikte; kas ve dokunun sabitlenmesi için formaldehit ile fikse edilmesini sağlayan tespit aşaması, formaldehitin fazlasını yok etmek amacıyla yıkama aşaması, dokuda bulunan su ve yağın dışarı atılmasını sağlayan arındırma aşaması, hacimsel kaybı gidermek ve

kadavrada cerrahi işlemlerin yapılmasına olanak tanıyacak yumuşaklığı sağlayan gömme aşaması, fazla kimyasalın alınması için ön kurutma aşaması, alkid resin içeren bir koruyucu solüsyon ile beraber toluen ve ksilen içeren bir çözücü solüsyonla hayvansal dokuların kendine has özelliklerini korumasını sağlayan emdirme aşaması ve alkid resinin sertleşmesine neden olan son kurutma aşamasının bulunduğu ifade edilmektedir. Yeni yöntemle elde edilen malzemelerin kuru, kokusuz, esnek, dayanıklı, doğal renk ve dokuda olduğu belirtilmiştir. Bu dokuların çürüme gerçekleşmediği için uzun süre kullanılabileceği, ayrıca anatomi, patoloji, parazitolojide öğretim materyali ve müze numuneleri olarak hizmet edebileceği vurgulanmıştır. Bunun yanında cerrahi derslerinde eğitim materyali olarak ve stereolojik mikroskopi çalışmalarında da kullanılabileceği belirtilmiştir (Arı HH, Çınaroğlu S. (2011).

6.10. Sabunlu su

Sabunlu suyun baz alındığı çalışmada; sabun, etanol, sitrik asit, benzalkonyum klorür kullanmıştır. Etanol fiksatif ve koruyucu, sıvı köpük sabun modifiye ajan, sitrik asit antioksidan, benzalkonyum klorür ise dezenfektan olarak işlev göstermektedir. Araştırmada sabun, etanol ve fiksatif solüsyonu hazırlamak için kullanılan kimyasalların karışım oranları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

-Sıvı köpük sabun 55 lt

-Etanol (%96) 35 lt

-Sitrik asit 10 kg

-Benzalkonyum klorür (%10) (dezenfektan)

Çalışma sonucunda kadavranın diseksiyon için iyi bir sertlik ve esnekliğe sahip olduğu, kasların orijinal anatomik şekle yakın bir görüntü oluşturduğu saptanmıştır (Turan E, Gules O, Kilimci FS, 2017).

7. SONUÇ

Günümüzde yukarıda da belirtildiği üzere kadavra saklama yöntemlerinde kullanılan kimyasallardan en çok tercih edileni ve aynı zamanda en kanserojeni formaldehittir. Anatomist, patolog, histolog ve diğer meslek gruplarında formaldehit ile devamlı çalışan ve ona maruz kalan kişilerde yapılan araştırmalarda beyin kanseri, kan kanseri ve kolon kanserinden ölenlerin sayısının formaldehite maruz kalmayanlara göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve Ark. 2002). Formaldehitin belirtilen zararlı etkileri nedeniyle Almanya da havalandırması yetersiz “Zararlı maddeler yönetmeliğine uygun olmayan” birçok anatomi laboratuvarının koşullarını uygun hale getirene kadar geçici olarak kapatıldığı bildirilmiştir. İdeal tespit solüsyonu tanımlamasına uyacak solüsyonu geliştirmek üzere yapılan çalışmaların birçoğunda da zararlı etkilerinin bilinmesine rağmen formaldehitin azalan

oranlarda da olsa kullanıldığı görülmektedir. Formaldehitin zararlı etkisinin önüne geçmek amacıyla musluk suyu, salamura tuzu ve antioksidan karışımının bir tespit solüsyonu olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir (Friker J, Zeiler E, McDaniel BJ. 2007). Bu gelişmenin ardından Avrupa Veteriner Eğitim Kurumları Birliği (The European Association of Establishments for Veterinary Education –

EAEVE) formaldehitin insan sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle tuzlu su ile tespit edilen kadavraların kullanılmasını önermiştir.

Anatomi eğitiminin ve bilimsel araştırmaların uygulanabilmesi için kadavra kullanımı çok fazla önem arz etmektedir. Özellikle veteriner ve tıp alanında eğitim alan kişilerin hekim kimliğini kazanabilmesi için kadavranın katkıları yadsınamaz bir gerçektir.

Ancak formaldehit içeren tespit çözeltilerinin kullanımı bu durumu olumsuz yönde etkilemektedir. Kadavra kullanımında hastalık riski bulunmayan, kokusuz, uzun süreli saklanabilen, ektoparazitleri içermeyen, dokunun bütünlüğünü bozmadan gerçek bir şekilde yansıtabilen ve bunu kullanacak kişiler tarafından kabul görmesi kadavraların anatomi ve cerrahi eğitimine olan katkısını artıracaktır (Guimara Es Da Silva RM. Riberio AACM. 2004).

KAYNAKLAR

ARI HH, ÇINAROĞLU S. (2011). A New Approach to Preservation of Some Organs Using Alkyd Resin. Res Vet Sci. 90 (1): 16-19.

BRENNER, E. (2014). Human body preservation—old and new techniques. Journal of anatomy, 224(3), 316-344.

ERSKINE, V.C.A. (1960). Die Ergebnisse von 10 Jahren experimenteller Forschung über anatomische Konservierungslösungen zur verhütung der Geweb saustrocknung und Pilzinfektion. Anat. Anz. Bd. 109 (4): 348-350.

FRIKER J, ZEILER E, McDANIEL BJ. (2007) Vom Formalin zum Salz Entwicklung und Einführung Einer Konservierungslösung Auf Salzbasisfür Anatomische Unterrichtspräparate. TieraerztlPrax K H. 35 (2): 243-248.

GUIMARA ES DA SILVA RM, RIBERIO AACM. (2004). Preservation of Cadavers for Surgical Technique Training. Vet Surg. 33 (6): 606–608.

JANCZYK P, WEIGNER J, LUEBKE-BECKER A, KAESSMEYER S, PLENDL J. (2011). Nitrite Pickling Salt As An Alternative to Formaldehyde for Embalming in Veterinary Anatomy- A Study Based on Histo-and Microbiological Analyses. Ann Anat. 193 (1): 71-75.

KINNAMON, K.E., HOLBOROW, G .S., SIMMONDS, R.C., SHERIDAN, M.N. (1984) Preparation of veterinary gross anatomy specimens: A method that allows storage at room temperature for four years. JAVMA, 184(6): 704-705.

NOVILLE, C.D.: (1956) Textbook of chemistry for Embalmers, Burgess Publishing Co. Minnesota 129-140.

PIECHOCKI, R.: (1961) Makroskopische Präparationstechnik Teil I. Leipzig. p.12-13.

SIEMIATKOWSKI, M., PLOEN, L., BJORKMAN, N. (1988): Combined perfusion and percolation of embalmed animal bodies for removing formaldehyde. Acta. Anat (Basal) 133 (3): 251-254.

SILVA RM, MATERA JM, RIBERIO AA. (2007). New Alternative Methods to Teach Surgical Techniques for Veterinary Medicine Students Despite the Absence of Living Animals. Is That an Academic Paradox?. Anat Histol Embryol. 36 (3): 220-224.

SPENCE, T.F., ZUCKERMAN, S.: (1967) Teaching and Display Techniques in Anatomy and Zoology. Pergamon Press London, p. 67-249.

ŞENDEMİR, E. (1991) Formaldehit kullanımı ve zararları, U.Ü. Tıp Fak. Dergisi, 2: 361-365.

TURAN E, GULES O, KİLİMCİ FS, et al. (2017). The Mixture of Liquid Foam Soap, Ethanol and Citric Acid As A New Fixative-Preservative Solution in Veterinary Anatomy. Ann Anat. 209 (1): 11-17

YILMAZ HR, ÖZEN OA, SONGUR A, SÖĞÜT S, ÖZYURT H, SARSILMAZ M (2002). Subkronik formaldehit inhalasyonunun sıçanlarda bazı böbrek enzim aktivitelerine etkisi. Van Tıp Derg, 9, (1), 1-5.

VON HAGENS G, WHALLEY A. (2010). Body Worlds Orijinal VücutDünyası Sergisi. Art and Sciences Ltd.Şti. Ömür Matbaacılık, İstanbul.

YILDIZ B, İKİZ İ. (1993). Kadavra Yapımında ve Korunmasında Yaygın Olarak Kullanılan Tespit Sıvıları. UÜ Vet Fak Derg.12(1): 129-135.

BÖLÜM 2

TEMEL ANATOMİ EĞİTİMİNDE PLASTİNASYON VE ÖNEMİ

Mahmut YARDIMCI¹
Yıldırım ÇELİK²

Giriş

Plastinasyon, biyolojik dokulardan suyun ve yağın arındırılması, yerine bir tür polimer maddenin yerleştirilmesi süreci olarak tanımlanan, insan ve hayvanın bütün yapısı veya bir bölümü orijinal yapısı ile uzun süre saklanabilme imkânı sağlamaktadır (Pashaei, 2010; Von Horst ve ark., 2019).

Plastinasyon, anatomi öğrenmenin kalitesini artıran çok yönlü bir araçtır. Gerçek doku örneklerini kullanarak, öğrencilere daha derin bir anlayış ve pratik deneyim kazandırmakta ve onların tıp, veterinerlik veya biyomedikal alanlarda uzmanlaşmasında önemli kazanımlar elde etmesinde önemli bir araçtır. Plastinasyon süreci sonunda elde edilen materyallere plastinat denir. Plastinatlar sayesinde, eğitim süreci sadece teori ile sınırlı kalmaz, doğal yapının korunması ile uygulamalı öğrenmeyi de teşvik etmektedir (Latorre ve ark., 2007).

Plastinasyon, biyolojik dokuların koruma altına alınarak uzun süre kalıcı hale getirilmesi amacıyla geliştirilen yenilikçi bir yöntemdir.

¹ Öğretim Görevlisi, Muş Alparslan Üniversitesi, Bulanık Meslek Yüksekokulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, yardimcimahmut650@gmail.com Orcid: 0000-0002-1542-3968

² Öğretim Görevlisi, Muş Alparslan Üniversitesi, Bulanık Meslek Yüksekokulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, yildirimcelik02@gmail.com Orcid: 0000-0003-0436-2511

Bu yöntem, özellikle anatomi ve biyolojik bilimler eğitiminde önemli bir yer tutar. 19. yüzyılın ortalarına kadar, doku örneklerini korumak için farklı yöntemler kullanılıyordu. Bunlar arasında, formol veya alkol gibi koruyucu maddelerle doku örneklerinin muhafazası yer alıyordu. Ancak bu yöntemler, doku yapısının doğrudan gözlemlenmesini zorlaştırıyordu. Ayrıca kullanılan bu kimyasallar öğrenciler ve laboratuvar çalışanları üzerinde önemli sağlık riskleri meydana getirmekte ve uzun süreli maruziyetler sonucu ciddi solunum yolu enfeksiyonlarına sebep olduğu bildirilmiş (Menon ve ark., 2021; Kaliappan ve ark., 2023; Fidan ve Çetin, 2025).

Plastinasyon tekniği, 1970'lerin sonuna doğru, Almanya'da Dr. Gunther Von Hagens tarafından geliştirildi. İlk aşamada, doğal doku örneklerinin çeşitli çözücülerle işlenmesi ve polimer bazlı malzemelerle doldurulması üzerinde çalışılmış Dr. von Hagens, doku örneklerinin doğrudan insan vücudundaki gibi görünmesini sağlamak amacıyla bu yöntemi geliştirmiştir. 1983 Dr. Von Hagens, plastinasyon tekniği ile ilgili ilk resmi makalesini yayınladı ve bu, bilim camiasında ilgi uyandırdı. Aynı zamanda ilk plastinasyon müzesinin kurulduğu yıl olarak da bilinmektedir. Burada plastine edilmiş insan anatomisi sergileri düzenlendi ve gelişmeler hakkında daha fazla bilgi verildi. 1990'da Dr. Gunther von Hagens, plastinasyon tekniğini tanıtmak amacıyla dünya genelinde birçok sergi düzenlemeye başladı. "Body Worlds" isimli sergi, uluslararası alanda büyük ilgi gördü ve plastinasyonun popüleritesini artırdı. Bu sergiler, halka açık bilimsel eğitime katkı sağlamış ve anatomik bilgilerin yaygınlaştırılmasına yardımcı olmuştur (Von Horst ve ark., 2019).

Son yıllarda, plastinasyon süreçleri üzerinde araştırmalar devam etmekte ve daha etkili, sürdürülebilir ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine odaklanılmaktadır. Plastinasyonun çevresel etkilerini azaltma amacıyla, biyolojik atıkların geri dönüşümü ve daha az zararlı kimyasalların kullanımı konularında araştırmalar devam etmektedir. Plastinasyon teknikleri, doku örneklerinin korunması ve eğitimde kullanılması konusunda devrim niteliğinde bir inovasyondur. Dr. Gunther von Hagens tarafından geliştirilen bu yöntem, zamanla dünya genelinde yaygınlık kazanmış, anatomi

eğitiminde, bilimsel araştırmalarda ve müzecilik de önemli bir araç haline gelmiştir.

Plastinasyon yöntemlerinde silikon kullanımı önemli yer tutmasıyla beraber vücut ya da doku mumlamasında genellikle silikon kullanılmaz. Bunun yerine, genellikle formaldehit veya alkol gibi kimyasallarla dokuların korunması, ardından mutlaka su ve yağların giderilmesi ve plastifikasyon (sertleştirme) aşamasını içermektedir. Silikon kullanımı, genellikle tıbbi görüntüleme, döküm işlemlerinde ve kalıpların yapılmasında tercih edilir. Doku, formaldehit veya başka kimyasallarla sertleştirilir (Lucas, Ramos ve Quadras 2018). Silikon, genellikle ince uçlu enjeksiyonlar veya vakum altına alınarak doku içine enjekte edilir (Ottone, 2023). Silikon, doku içinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmış olur. Bu süreçlerden sonra silikon, kürleşip sertleşir. Böylece doku içi destek veya kalıp oluşur. Silikon enjeksiyonunun doku detaylarını koruma ve görsel kaliteyi artırmadaki rolü tartışılmaktadır (Torres ve ark., 2011). Anatomik plastinasyon yöntemlerinde polimer kullanımı, doku veya organların korunması ve sertleştirilmesi için önemli bir rol oynar. Bu yöntemlerde genellikle kullanılan polimerler, doku içine enjekte edilerek veya yüzeylere uygulanarak yapının stabil kalmasını sağlar (Riederer, 2014).

Plastinasyonda polimerler; dokuya nüfuz ederek yapıyı sertleştirir, şeklin korunmasına ve detayların görünürlüğünün artışına imkân sağlamaktadır. En yaygın kullanılan polimerler arasında silikonlar, polyesterler (örneğin, poliüretan), epoksi reçineleri ve özel plastifiyanlar bulunur (Ottone, 2023). Silikon bazlı polimerler esneklik ve detayların korunması açısından tercih edilir. Örneğin, vücut veya organların içyapısına enjekte edilerek detayların kaybolmasının önüne geçilir. Polimer kullanımının amacı organ veya dokuları koruma, detayların görünürlüğünü artırma, fiziksel yapıyı stabilize etme, dış yüzeylerin veya iç yapının tekrar kullanımı ve öğretim amacıyla kalıcılığını sağlamaktır. Poliüretanlar; Sert ve dayanıklı yüzeyler oluşturur, genellikle kalça veya eklemlerin modellenmesinde kullanılır.

Epoksi tekniği ile elde edilen plastine kesitlerin genel kalitesi çok yüksektir. Şeffaflıkları anatomik yapıların ayrıntılı olarak

görünmesini sağlar. Hem şeffaflık hem de korunmuş topografya sayesinde, epoksi plastine dilimleri radyolojik görüntüleme yöntemleri ile anatomik korelasyon için mükemmel bir araç olarak kullanılabilir. Ayrıca, makroskobik ve mikroskobik düzeylerde çalışmalara olanak tanımaktadır (Latorre et al. 2019).

Bu malzemelerin kullanımı, eğitimde, cerrahi hazırlıkta ve hasta iletişimde gerçekçi ve dayanıklı modeller üretmeyi ortaya koyabilmektedir. Dayanıklı olduğu için uzun süre kullanılabilir, kırılmalara ve aşınmaya karşı dirençlidir. Kolay işleme, kalıp alma, kesme, boyama ve yüzey işlemleri için çok daha rahat kullanılmaktadır. En önemlisi tıp, veteriner ve diş hekimliği temel derslerde öğretilen anatomi dersleri için gelişen teknoloji ile cilt ve yumuşak doku benzeri yüzeyler oluşturulabilmektedir. Çeşitli doku ve renk seçenekleri sayesinde farklı doku ve tonlarda üretilebilir olmasıdır. Bunların yanında çok esnek, yumuşak ve gerçek doku hissi vermektedir. Cilt ve yumuşak dokuların simülasyonunda idealdir. Kullanım alanları olarak damar, kemik ve kas yapıları gibi yapısal modeller, eğitim amacıyla kullanılan cerrahi simülatörler, travma ve ameliyat öncesi planlama modellerin oluşturulmasında kullanılabilir. Dokunmada gerçek canlı dokuda hissiyat sağlar. Çeşitli seviyelerde esneklik ve sertlik ayarı yapılabilir. Yüzey işlemleri ve detaylı boyama ile gerçekçiliği artırılır. Sabun ve suyla temizlenebilmektedir. Cerrahi eğitim modellerinde cilt ve alt doku oluşturmada, özel olarak detaylı ve gerçekçi modeller gerektiren eğitim ve araştırmalarda kullanılabilmektedir (Caldwell ve Mooney 2019).

Eğitim Amaçlı Kullanımı

Plastinasyon tıp ve sağlık bilimleri eğitiminde çok önemli bir yere sahiptir. Öğrencilerin gerçek anatomik yapıları gözlemleyerek öğrenmeleri, 3D modellemeyle birlikte görselleştirmenin eğitimdeki katkısı çok daha önemlidir. Plastinasyonun tıbbi araştırmalar için histopatolojik incelemeler, yeni tedavi yöntemleri geliştirme ve hastalıkların anlaşılmasında önemli bir yere sahiptir. Ayrıca, plastinatların adli tıp ve kriminolojideki bireysel uygulamalarına da yer verilmektedir. Plastinasyonun kamuya yönelik eğitimdeki kullanımı da yaygındır. Ünlü plastinasyon

sergileri ("Body Worlds") aracılığıyla halk sağığı bilincini artırmaya yönelik örnekler vardır. Bunların yanında plastinat kütüphaneleri veteriner hekimliğı öğrencileri için anatomik yapıların öğrenimini desteklemek üzere oluşturulmuş ve plastinasyon yöntemi ile hazırlanmış doku örneklerini içeren bir koleksiyon oluşturulmuştur.

Bu kütüphaneler veteriner hekimliğı eğitiminde önemli bir kaynak olup, teorik bilgilerin pratik uygulamalarla birleştiğı bir eğitim modeli haline gelmiştir. Bu kütüphaneler sayesinde öğrenciler, gerçek doku örnekleri ile çalışma fırsatı bularak, belirli beceriler kazanır ve mesleki yeterliliklerini daha da artırmaktadır. Ayrıca, veteriner hekimliğı alanında eğitimin kalitesini yükselterek gelecekte daha iyi sağık profesyonelleri yetişmesine katkı sağlamaktadır (Von Hagens, 1987).

Plastinat kütüphanelerin temel amacı veteriner, tıp ve diş hekimliğı öğrencilerinin anatomi bilgilerini derinleştirmelerine ve gerçek doku yapılarını daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktır. Plastinatlı maketler sayesinde pratik eğitim, detaylı gözlem, akışında ve kalıcı öğrenme ile öğrencilerin kendi öğrenme stillerine uygun olarak doku örnekleriyle çalışabilmelerine olanak tanımaktadır (Senos, 2024).

Şekil 1. Veteriner anatomi eğitiminde at kadavrasının plastinasyonu ve sergi pozisyonlandırılması

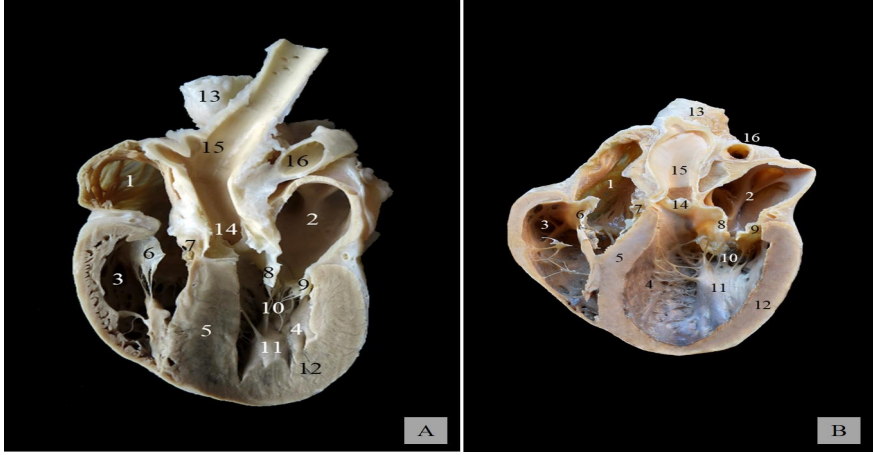


At plastinasyonu (Yu ve ark., 2015).

Kullanım Alanları

Anatomik Eğitim: Öğrenciler, plastinat doku örnekleri ile gerçek hayvan anatomisini ayrıntılı bir şekilde inceleyebilir. Bu onların kavramalarını ve bilgilerini pekiştirmelerine yardımcı olur.

Şekil 2. Eğitim amaçlı kalp plastinatı ventriküler ve atrial yapıların görselleştirilmesi



Latorre ve ark., 2007

Histoloji ve Patoloji: Plastinat kütüphanesindeki örnekler, histopatolojik inceleme için kullanılmaktadır. Öğrenciler, sağlıklı ve hastalıklı dokular arasındaki farkları gözlemleyerek patolojik durumlarla ilgili bilgilerini derinleştirebilirler.

Araştırma: Öğrenciler, kendi araştırma projelerinde plastinatları kullanarak daha fazla deneyim kazanabilir. Bu sayede veterinerlik alanında yeni bilgiler üretme fırsatı bulurlar.

Müze Sergileri: Plastinasyon, insan vücudu ve biyolojik yapılar hakkında halkı bilgilendiren sergiler düzenlenmektedir (Von Horst ve ark., 2019).

Avantajları

Uzun süreli saklama: Plastinatlar, özel işlemler sayesinde uzun süre bozulmadan saklanabilir. Bu öğrenim materyallerinin kalitesini artırmaktadır.

Gerçekçilik: Doku örnekleri, öğrencilerin karmaşık anatomik yapıları ve ilişkileri görsel olarak kavramalarına olanak tanımaktadır. Plastinasyon, gerçek anatomik yapıları koruma altına alarak, öğrencilerin bu yapıları yakından incelemelerine olanak tanımaktadır. Hayvan ya da insan dokularının gerçek örnekleri, öğrencilerin doku ve organların yapısını ve nasıl işlediğini görmesini sağlar. Bu bağlamda bağımsız bir öğrenim sunarak öğrencilerin temel kavramları daha iyi öğrenmelerine yardımcı olmaktadır. Öğrenciler, canlı bir organizmadaki yapıların gerçekçi örnekleriyle çalışma imkânı bulur. Bu, doku veya organların anatomik ilişkilerini daha iyi anlamalarını sağlamaktadır (Sarma ve ark., 2024)

Hijyen ve güvenlik: Plastinatlar, patojenlerden arındırılmış olduğu için eğitim sürecinde güvenli bir ortam sağlar. Plastinasyon, doku örneklerinin uzun süre korunmasını sağlar. Öğrenciler, bozulmuş materyallerle değil, her zaman taze ve hijyenik doku örnekleri ile çalışma fırsatı bulmaktadır. Bu, eğitimdeki güvenliği artırarak daha sağlıklı bir öğrenme ortamı oluşturmaktadır. Plastinasyon süreci, örneklerin bakteri ve patojenlerden arınmasını sağlar. Bu, öğrencilerin güvenli bir ortamda pratik yapabilme şansını da artırmaktadır (Navodita ve ark., 2025).

İnteraktif öğrenme: Öğrenciler, anatomik yapıları inceleyerek pekiştirilmiş bir öğrenim deneyimi yaşar, bu da bilgilerin daha kalıcı olmasını sağlar.

Üç boyutlu görselleştirme: Plastinatlar, 3D modelleme ile birlikte kullanılabilir. Bu, öğrencilerin yapıları daha iyi anlamalarına ve görselleştirmelerine yardımcı olmaktadır. Anatomi, düz anlatım veya iki boyutlu çizimlerle öğrenilmesi zor olabilecek karmaşık ilişkileri içerdiği için üç boyutlu doku örnekleri sayesinde, öğrenciler organların konumlarını, boyutlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini daha iyi kavrayabilmektedir.

Detaylı yapısal inceleme: Plastinatlar, doku örnekleri üzerinde ince detayları gözlemleme fırsatı sunar. Öğrenciler, doku tiplerini (epitelyal, bağ, kas ve sinir dokusu gibi) ayırt edebilir ve doku içinde bulunan önemli yapıları (damarlar, sinirler ve hücre yapıları)

tanıyabilirler. Bu, anatomi bilgisinin derinleşmesine katkı sağlamaktadır (Navodita ve ark., 2025).

Pratik uygulama fırsatları: Plastinatlar, öğrencilere pratik beceriler kazandırma konusunda önemli bir araçtır. Anatomi derslerinde veya cerrahi uygulama simülasyonlarında gerçek doku yapıları ile çalışmak, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Öğrenciler, gerçek organları anlamak suretiyle cerrahinin temel ilkelerini öğrenmekte ve uygulamaktadır (Radzi ve ark., 2022).

Eğitimde daha iyi anlama ve hatırlama: Görsel hafıza, öğrenmede önemli bir rol oynar. Plastinatlar, öğrencilere görsel ve somut örnekler sunarak bilgilerin daha kalıcı ve kolay anlaşılmasına yardımcı olur. Gerçek doku örnekleri ile çalışmak, soyut konseptlerin anlaşılmasını kolaylaştırır ve bilgilerin akılda kalıcılığını artırmaktadır.

Etik ve güvenlik: Plastinasyon, biyolojik dokuların eğitimde kullanılmasını sağlarken etik sorunlarını ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, plastinatların patojen içermemesi, öğrencilerin bulaşıcı hastalıklara karşı güvenliğini artırır (Kiran ve ark., 2024)

Öğrencilerin anatomi öğretiminde plastinatl doku veya organların kullanımı hakkında görüşleri

Öğrenciler plastine edilmiş proseksiyonların anatomi öğreniminde son derece etkili olduğunu ifade etmektedirler. Gerçek doku ile çalışma deneyimi, teorik bilgileri anlamalarını kolaylaştırır. Bu özellikle karmaşık yapılar ve ilişkiler için önemlidir. Plastinatlar sayesinde cerrahi ve klinik uygulamalara daha iyi hazırlanmaktadır. Doku yapılarının gerçekçi örnekleriyle çalışma, öğrencilere klinik pratikte güven vermektedir. Birçok öğrenci, plastine edilmiş doku örneklerinin, organların ve sistemlerin işleyişini anlamalarına büyük katkı sağladığını belirtmektedir. Öğrenciler, doku ilişkilerini ve yapılar arası etkileşimleri daha iyi kavrayarak öğrenmektedirler. Plastinatların kullanımında öğrenme motivasyonunu artırdığına dair görüşlerde bulunmaktadır. Somut ve görsel materyallerle çalışmak, öğrenmeyi daha ilgi çekici hale getirir ve öğrencilerin derslere olan katılımını artırmaktadır (Radzi ve ark., 2022).

Plastinli örnekler, eğitimde sınıf dışı çalışmalar için uygun materyallerdir. Adlandırma tabloları, öğrencilerin anatomik yapılar hakkında sistematik bilgi edinmelerini sağlar. Bu öğrenilen bilgilerin daha kalıcı olmasına yardımcı olmaktadır. Anatomi eğitiminde organ ve dokular sistemsal olarak öğrenilmektedir. Tablolar, öğrencilerin kendi başlarına çalışırken referans alabilecekleri bir kaynak sunar. Bu bağımsız çalışma becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Aytaç ve ark., 2021).

Öğrenciler, adlandırma tablolarını kullanarak doku veya organları tanımlama, açıklama ve yazılı ifade etme gibi yeteneklerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Plastinli örneklerle diseksiyon yaparak teorik bilgilerini pratiğe dönüştürme fırsatı bulurlar. Öğrenciler, öğretim üyeleriyle ve diğer öğrencilerle etkileşimde bulunarak, öğrenme sürecini daha da zenginleştirirler. Diseksiyon sırasında, plastinli örneklerin gözlemlenmesi, öğrencilerin doku ve organ üzerinde deneyim kazanmasını sağlar. Veteriner anatomi öğrencileri için tek başlarına çalışmanın önemini vurgulamak gerekirse, plastinli proseksiyonlar ve adlandırma tabloları, öğrencilerin öz disiplin geliştirmelerine yardımcı olur. Öğrenciler, kendi performanslarında çalışarak, zamanlarını daha etkili bir şekilde yönetebilirler. Plastinatlar ve adlandırma tablolarıyla çalışarak, öğrenme sürecinin sorumluluğunu üstlenirler (Yu ve ark., 2015).

Sonuç

Plastine edilmiş proseksiyonlar, anatomi öğretiminde tıp ve veterinerlik öğrencilerine birçok fayda sağlamaktadır. Gerçek doku örneklerinin kullanımı, öğrencilerin bilgilerini derinleştirirken, pratik uygulamalara hazırlıklarını ve öğrenme motivasyonlarını artırmaktadır. Öğrencilerin bu öğrenme kaynağına dair olumlu görüşleri, plastinasyonun eğitimdeki önemini ve değerini göstermektedir (Fruhstorfer ve ark., 2011). Gerçek doku ve yapısal detayların yanı sıra, modeller tekrar kullanılabilir ve taşınabilir olduğundan, öğrenme sürecini kolaylaştırmaktadır (Navodita ve ark., 2025). Plastinasyonun sağladığı özgün öğrenme deneyimi, geleceğin sağlık profesyonellerinin yetiştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Öğrenciler, teorik bilgilerini somut doku

örnekleriyle birleştirerek daha derin bir anlayış kazanmakta ve bu da onları mesleki hayatlarında daha yetkin hale getirmektedir (Radzi ve ark., 2022; Godager ve ark., 2025).

Kaynakça

- Caldwell, J. & Mooney, J. J. (2019). Analysis of soft tissue materials for simulation development. *Simulation in Healthcare*, 14(5), 312–317. Doi: 10.1097/SIH.0000000000000382.
- Chytas, D., Piagkou, M., Johnson, E. O., Tsakotos, G., Mazarakis, A., Babis, G. C., ... & Natsis, K. (2019). Outcomes of the use of plastination in anatomy education: Current evidence. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 41, 1181–1186.
- Cook, P. (1997). Auckland Üniversitesi'nde klinik tabanlı bir öğretim aracı olarak levha plastinasyonu. *Cells Tissues Organs*, 158(1), 33–36.
- Fruhstorfer, B. H., Palmer, J., Brydges, S. & Abrahams, P. H. (2011). The use of plastinated prosections for teaching anatomy—The view of medical students on the value of this learning resource. *Clinical Anatomy*, 24(2), 246–252.
- Godager, L. H., Sudmann, S. M., Vinje, H. & Rørtveit, R. (2025). Plastinated prosections and nomenclature charts as supplementary learning resources for veterinary anatomy. *Journal of Veterinary Medical Education*, e20240117.
- Latorre, R. M., García-Sanz, M. P., Moreno, M., Hernández, F., Gil, F., López, O., ... & Henry, R. W. (2007). How useful is plastination in learning anatomy? *Journal of Veterinary Medical Education*, 34(2), 172–176.
- Lucas, A. M., Ramos, A. & Quadras, P. R. (2018). Silikon kalıplar kullanılarak yapılan anatomi modelleri—Yenilikçi bir yöntem.

Ulusal Klinik Anatomi Dergisi, 7(4), 209–212.

Ottone, N. E. (2023). Silikon plastinasyon tekniği. In: *Gelişmeler* (ss. 85–126). Cham: Springer International Publishing.

Sora, M. C., Latorre, R., Baptista, C. & López-Albors, O. (2019). Plastination—A scientific method for teaching and research. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 48(6), 526–531.

Torres, K., Staśkiewicz, G., Śnieżyński, M., Drop, A. & Maciejewski, R. (2011). Application of rapid prototyping techniques in medical training. *Folia Morphologica*, 70(1), 1–4.

Von Hagens, G., Tiedemann, K. & Kriz, W. (1987). The current potential of plastination. *Anatomy and Embryology*, 175(4), 411–421.

Von Horst, C., von Hagens, R., Sora, C. M. & Henry, R. W. (2019). History and development of plastination techniques. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 48(6), 512–517.

Żukowska, M., Górski, F., Wichniarek, R. & Kuczko, W. (2019). Yumuşak dokuların malzeme taklidi ile anatomik modellerin düşük maliyetli hızlı üretim metodolojisi. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 13(4), 120–128.

Yu, S., Zhang, J., Chi, Y., Gao, H., Liu, J. & Sui, H. (2015). Plastination of a whole horse for veterinary education. *Journal of Plastination*, 27(1), 29–32.

Pashaei, S. (2010). A brief review on the history, methods and applications of plastination. *International Journal of Morphology*, 28(4), 1075–1079.

- Kaliappan, A., Motwani, R., Gupta, T. & Chandrupatla, M. (2023). Innovative cadaver preservation techniques: A systematic review. *Maedica*, 18(1), 127–135. Doi: 10.26574/maedica.2023.18.1.127.
- Fidan, N. & Çetin, A. (2025). Anatomi eğitiminde primer eğitim materyali olan kadavrada tahnit modelleri. *Doğu Karadeniz Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(1), 73–85. Doi: 10.59312/ebshealth.1638921.
- Bhandari, K., Acharya, S., Srivastava, A. K., Kumari, R. & Nimmagada, H. K. (2016). Plastination: A new model of teaching anatomy. *International Journal of Anatomy Research*, 4(3), 2626–2629.
- Menon, P., Aldarwich, A., Hamdan, L., Hammoud, M. & Al Aiyan, A. (2021). Novel formaldehyde-free embalming fluid for long-term preservation of cadavers for anatomy teaching. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(9), 718–725.
- Riederer, B. M. (2014). Plastination and its importance in teaching anatomy. *Journal of Anatomy*, 224(3), 309–315.
- Kiran, R., Bansal, N., Sethi, R. S., Uppal, V. & Gupta, A. (2024). Efficacy of different plastination techniques in lungs of goat. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 94(7), 583–587.
- Sarma, S. M., Pathak, D., Singh, O., Uppal, V. & Gupta, A. (2024). Comparison of glycerine and thermocol plastination techniques for cattle forelimb specimens. *Vet Alumnus*, 79.
- Navodita, Gupta, A., Bansal, N. & Uppal, V. (2025). Plastination of distal limb of horse and buffalo. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 10(5), 82–86.

- Hayat, K., Qureshi, A. S., Rehan, S. & Rehman, T. (2018). Plastination—An innovative preservative technique in anatomy. *Trends in Anatomy and Physiology*, 1(10), 2–5.
- Radzi, S., Chandrasekaran, R., Peh, Z. K., et al. (2022). Students' learning experiences of three-dimensional printed models and plastinated specimens. *BMC Medical Education*, 22, 695.
- Aytaç, G., Öğüt, E., Şekerci, R., et al. (2021). The contribution of plastinates to teaching complex anatomy of the heart. *Anatomy*, 15(1), 69–75. Doi: 10.2399/ana.21.857788.
- Latorre, R., de Jong, K., Sora, M. C., López-Albors, O. & Baptista, C. (2019). E12 technique: Conventional epoxy resin sheet plastination. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 48(6), 557–563. Doi: 10.1111/ahe.12507.
- Latorre, R. M., García-Sanz, M. P., Moreno, M., Hernández, F., Gil, F., López, O., & Henry, R. W. (2007). How useful is plastination in learning anatomy?. *Journal of Veterinary Medical Education*, 34(2), 172–176. DOI: 10.3138/jvme.34.2.172.

BÖLÜM 3

VETERİNER ANATOMİDE RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Mahmut YARDIMCI¹

Giriş

Tarih boyunca insanlar ve hayvanlar arasında bulaşıcı hastalıklar, ani ölümler, çeşitli travmalar, nedeni bilinmeyen ölümler ve uzun süren hastalıklar sonucunda insanların, bunlara karşı çözümler üretmeye mecbur bırakmıştır. Canlı vücudu sürekli araştırılarak ve hala araştırmaya devam etmektedir. İnsanlar, hayvanları anatomi diseksiyon yöntemlerine göre parçalara ayırmaya başlamışlar ve bu organları uzun süre muhafaza etmek için de formalin solüsyonlarıyla yıllar boyunca kapalı kaplar içerisinde uzun süre muhafaza etmeyi başarmışlar.

Tarihsel süreçte diseksiyon yöntemi ile hayvan anatomisi çıkarılıp canlı vücudunu oluşturan anatomik organlar tespit edilmiştir. Bu yöntemde veteriner hekimler, laboratuvar çalışanları ve teknik personeller bu formalin solüsyonundan etkilendiği hata solunum yolları enfeksiyonlarına yol açtığı bunlarla beraber uzun süre maruz kalmaları sonucu akciğer kanserine yol açtığı bilinmektedir.

¹ Öğretim Görevlisi, Muş Alparslan Üniversitesi, Bulanık Meslek Yüksekokulu, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Orcid: 0000-0002-1542-3968

Diseksiyon yöntemleri günümüz teknolojik gelişmeler ve gelişen çağa ayak uydurmak noktasında klasik anatomi yöntemi yeterli olmadığı ve zamanla kalıcı hasarlar oluşturduğu anlaşılmıştır. İnsanlar canlı vücudunun anatomik yapılarını tanımak, yerlerini tespit etmek, organların fonksiyonlarını anlamak için canlıyı oluşturan doku ve organları bir ekrana aktarma ya da bir görselini oluşturarak anlamaya çalışmıştır. Yapılan yöntemlerde organların ve organ sistemlerinin temel anatomik yapılarını daha kolay ve doğru bir şekilde göstermek için toplanan bulguların film tarzında araştırmalar düşünülmüş ve bunu radyolojik görüntüleme olarak isimlendirmişler. Bunun için hem daha hızlı ve güvenilir olan radyolojik görüntüleme yöntemleri ön plana çıkmıştır.

İnsanlar bilgi birikiminin oluşturduğu bilim sayesinde canlı vücudunu teknolojik gelişmeler ile daha kolay anlamıştır. Görüntüleme yöntemleri aynı zamanda dijital üç boyutlu rekonstrüksiyonlar sayesinde teknoloji eğitim ve öğretim için büyük bir yardımcı kaynak olmaya başlamıştır. Bunlardan bir kaç topografik-anatomide yapısal görüntüler, tıp öğrencileri ve profesyonel görüntüler için dijitalleştirilmiş görüntüler elde edilmiş. Radyolojik görüntüleme yöntemlerinde yapılar birbirinin pozisyonlarında renk değişikliklerin olmasıdır. Renk değişiklikleri sayesinde topografik bölgenin daha doğru bir şekilde tanınmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca kan ve lenf damarları, merkezi sinir sistemi bölgesindeki boşluklar veya sinovyal boşluklar gibi lümen yapıları da daha iyi görüntülenmesi sağlanmaktadır.

Görüntüleme yöntemleri sayesinde oluşturulan görüntülerden elde edilen kesitleri düşük optik büyütmede incelemeye, direkt taramaya ve fotoğraflamaya kadar olanak sağlar. Bütün bu olanaklar sayesinde vücudun tüm bölgelerinin ve parçalarının yapılarının geniş ölçekli genel görünümünün ve detaylı ölçümlerinin yapılması da mümkün olabilmektedir (Küçükaslan, 2018). Radyolojik görüntüleme yöntemleri sayesinde veterinerlik sahasında klinik sorunların

açıklığa kavuşturulmasına nasıl katkıda bulunduğuna dair birkaç örnek vardır. Beşeri hekimlikte sakroiliak ligament, erector spinae kası ve sakrotuberöz ligament arasında önemli anatomik ilişkiler saptanmış ve bu da “bel ağrısı” etiyolojisinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamıştır (König, 2014). Radyolojik görüntüleme yöntemleri beşeri ve veteriner hekimliğinde bir vücudun iç organlarının ve yapılarının, hasta veya sağlıklı olsun, iki veya üç boyutlu görüntüleriyle veri üreten yöntemlerdir.

Görüntüleme yöntemlerinin geliştirilmesi ve tıbbi uygulamalarındaki teknik ilerleme, vücut yapılarının tasarımı ve işlevine ilişkin giderek daha doğru temsillerin sunulmasını sağlamaktadır. Bu görüntüleme yöntemleri birbirlerine göre daha kaliteli görüntüler oluşturabilmektedir. Örneğin; kemik yapıları radyografide iyi bir görüntü verirken; metabolik aktivite veya kemik sistemindeki damarsal dağılımı, diğerlerinin yanı sıra, sintigrafide daha iyi görüntüler ortaya çıkarılabilir. Görüntüleme yöntemlerinin yorumlanması için iyi bir anatomi bilgisi, güvenilir bir tanı ve bozuklukları tanıma yeteneği olması lazımdır.

Ülkemizde 1930’da Ahmet Hamdi Bey tarafından röntgen cihazının, x ışının tanısal kullanımını konu alan “Baytar-ı Tababette Rontken İlmi” isimli kitap yazılmıştır. 1933 yılında Yüksek Ziraat Enstitüsü Baytar Fakültesi Serîriyyât-ı Cerrahiye Enstitüne röntgen cihazı alınmasıyla “Röntgen Ünitesi” adı ile bir birim kurulmuştur. Türkiye’de ilk hayvan radyogramın 1935 yılında bu ünite tarafından elde edildiğini veteriner cerrahi uzmanı Saip Ali olduğu bilinmektedir. 1943 yılından itibaren veteriner cerrahi dersleri içerisinde röntgen ile ilgili konular işlenmiştir. 1947 yılında Cerrahi Enstitüsü Asistanı Veteriner Hekim Selim TOLKUN’un doktora tezi “At ve Köpeklerde Artritisler ve Bunların Radyolojik Görüntüleri” veteriner radyoloji alanındaki ilk bilimsel araştırma olarak bilinmektedir. 1993 yılında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalının bünyesinde Anestezi, Cerrahi,

Ortopedi ve Radyoloji bilim dalları kurulmuştur. Bunlarla ilgili dersler verilmeye başlanmış. Veteriner Radyoloji Bilim Dalı kuruluncaya kadar Türkiye'deki veteriner fakültelerinde veteriner radyoloji bağımsız bir ders olarak okutulmamıştır.

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalının bünyesinde kurulan Veteriner Radyoloji Bilim Dalı 2006 tarihinde kapatılmıştır. Ancak radyoloji dersi lisans ve lisansüstü olarak verilmeye Cerrahi Anabilim Dalı bünyesinde devam etmiştir.

Ülkemizde ki veteriner fakülteleri içinde ilk olarak 2021 yılında İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi Veteriner Fakültesi Klinik Bilimler Bölümü altında ilk Radyoloji Anabilim Dalı açılmıştır. Daha sonra 2024 yılı Nisan ayında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Klinik Bilimler Bölümü altında Radyoloji Anabilim Dalı ile Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Klinik Bilimler Bölümü altında Radyoloji Anabilim Dalı açılmıştır (Anonim 4). Veterinerlik alanında son zamanlarda bu radyolojik yöntemlerin kullanılması daha ön plana çıkmaya başlamıştır.

Bu radyolojik görüntüleme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir. Bunlar sırasıyla Röntgen (RG), Bilgisayarlı Tomografi (BT), Ultrasonografi (US) ve Manyetik Rezonans (MR) cihazlarıdır.

Radyoloji

X-ışınları, 1895'te Almanya' lı bilim adamı Wilhelm Conrad Röntgen tarafından tespit edildi ve bunlara "X-radyasyonu" adını vermiş. Günümüzde bu adlandırma X-ışınları olarak devam etmektedir. Bu buluş zamanla gelişerek X-ışınları ilk kez insan ve hayvanlarda tanı koymak amacıyla kullanılmaya başlandı. X ışınlarının yanı sıra, gama ışınları (sintigrafi için) gibi diğer iyonlaştırıcı radyasyonların da güncel tanı uygulamaları bulunmaktadır. Tıbbın bir alt dalı olarak radyoloji, iyonlaştırıcı radyasyonun teşhis, tedavi ve bilimsel amaçlarla uygulanmasıdır. X-ışınları ilk olarak radyolojide kullanılmakta ve radyasyon

iyonizan ışınlar içermektedir. Uzmanlık alanı olarak ilgili organ veya dokuların sınırları ile birlikte tanının ortaya koymaktır.

Radyolojide projeksiyonlu görüntü radyografisi (konvansiyonel radyodiagnostik) ve kesitli görüntü işleme (X-ışını manyetik rezonans görüntüleme, bilgisayarlı tomografi veya ultrason) yöntemlerini içerir.

İncelenen klinik detaylara bağlı olarak, belirli yapıların gösterilmesini, sınırlandırılmasını kolaylaştırmak veya bir organ sisteminin işleyişi hakkında görüntü sağlamak amacıyla kontrast maddeler kullanılabilir. Radyografi görüntülemeye uygun kontrast maddeler çözünmeyen baryum tuzları (sindirim sistemi) ve çözünür iyot bileşikleri (subaraknoid boşluk, üriner sistem) içermektedir. X-ışınları vücut dokularından geçerken film plağı üzerinde beyazdan gri tonlarına kadar görüntü oluşturabilmektedir. Dijital kayıt sistemi sayesinde sağlıklı bir organizmada gri tonlarında dört farklı renk oluşturulabilmektedir.

Kemik dokusu veya kıkırdak dokusu beyaz, yumuşak doku veya sıvı yoğunluğ olan parankimal organlar, kaslar, lenf dokusu, sinir dokusu, tüm vücut sıvıları gri renk vermektedir. Aynı şekilde yağ yoğunluğ olan omentum, retroperitoneal yağ dokusu koyu gri, gaz yoğunluğ olan trakea, akciğerdeki hava ve gastrointestinal sistem ise film plağı üzerinde siyah renk oluşturmaktadır.

Radyoloji yumuşak doku veya sıvı yoğunluğ gösteren tüm yapıları aynı renk tonunda göstermesi ve bu nedenle karaciğerin içyapıları (örneğin karaciğer parankimi, safra taşları, safra kesesi, damarlar) ayırt edilmesinin imkânsız hale gelmektedir. Ancak kontrast madde kullanımı sayesinde bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır. İyot içeren kontrast maddeler kan damarlarına, mesaneye veya subaraknoid boşluğ enjekte edilebilir. Gastrointestinal sistemi temsil etmek için baryum sülfat bileşikleri kullanılabilir. Bu konstat

maddeler sayesinde boşluklu organların ayırt edilmesi daha olmaktadır (Babikir ve ark., 2015).

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bu görüntüleme yöntemi X-ışınları kullanılarak vücut bölümlerinden doku veya organların istenilen aralıkta sıralı kesitler halinde görüntüsünün oluşturulması yöntemidir (Tuncel, 2007). Radyografide oluşturulan görüntü tek kesit halinde olup sadece 2 boyutlu eksende ifade edilirken, bilgisayarlı tomografide (BT) 3 boyutlu ve sıralı birden çok kesitin görüntüsünü oluşturmaktır. Bu bağlamda görüntülenmek istenilen doku 3D yöntemi ile görüntülenebilmektedir (Kaya, 1997).

Bilgisayarlı tomografi (BT) radyografi gibi görüntüleme farklılıkların elde edilmesine dayanmaktadır. X-ışının oluşumu, X-ışını demeti kullanan dedektör ünitesi tarafından hasta etrafında dönerken görüntüyü meydana getirmektedir. Gelişen teknolojik gelişmeler sayesinde modifiye edilmiş yöntemlerle daha ince kesitler için inceleme süreleri ile 1 mm'den daha az kesit kalınlığına ulaşmak daha mümkün hale gelmiştir.

Bu şekilde tespit edilmesi zor olan patolojik lezyonların teşhis edilmesi çok daha kolay olmaktadır. Görüntü kalitesi, (kontrast çözünürlüğü, artefakt oluşumu) ekipman ayarına bağlı olarak değiştiğinden, kontrastın özellikleri, incelenecek bölgenin boyutları ve görüntülenecek dokunun kalınlığına göre de değişmektedir. Kayıt altına alınan görüntü verileri yeniden biçimlendirme sayesinde, kesitsel veri kümelerinden herhangi bir yeni boyutsal ayarlama (dorsal, ventral, axial, sagital) ile 3B veri kümesinin hesaplanması mümkündür. Bu işlem kemik yapıların daha net görüntülenmesini sağlar (Tuncel, 2004).

Üç boyutlu görüntülerin işlenmesi ayrıca daha net ve anlaşılır görüntüler elde edilmiş olur. BT görüntü, radyografiden farklı olarak, oluşan görüntüde çok daha küçük ince kesit alanların

tanınmasını sağlamaktır. Kemikler, mineralize olan yapılar, metaller ve gazlar, çevredeki yumuşak doku yoğunluklarından önemli ölçüde görüntü farkı sayesinde kolayca ayırt edilebilir (König, 2014). Kesitsel görüntüde yumuşak dokular (kaslar, deri, lenf düğümleri, parankim, kemik iliği) de ayırt edilebilir. Doku sınırlarını belirlemek için BT çekimi sırasında kontrast madde de uygulanabilir.

Bilgisayarlı tomografinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Özellikle ince kesitlerde görüntü oluşumu için çok daha önemli bir potansiyele sahiptir. Göğüs boşluğunda akciğerleri mediastinumdan, baş bölgesinden burun boşluğu ve paranazal sinüs boşlukları ayırma, ilgili bölgelerin damar ağları çok daha kolay ayırt edilebilir. Bilgisayarlı tomografi kullanılan eski görüntüleme yöntemi olmasına rağmen hala aktif olarak kullanılmaktadır. Beşeri hekimlikte kullanımının yanında veterinerlik sahasında da BT kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Manyetik Rezonans (MR)

Mıknatıs ve radyo dalgaları ile görüntü elde edilmesini sağlayan ve iyonizan radyasyon ve X-ışınları içermeyen kesitsel bir radyolojik inceleme yöntemine manyetik rezonans görüntüleme (MRG) denir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), nükleer manyetik rezonans tomografi olarak da adlandırılmaktadır. Bilgisayarlı tomografiye bir alternatiftir. Bu işlemin BT' ye göre avantajları, X-ışını kullanılmadan çalışılması nedeniyle radyasyon dozu oluşmaması ve kontrast madde kullanılmadan organ ve dokuların yumuşak dokulardan daha iyi ayırt edilebilmesidir. Bu sayede organlara zarar vermemiş olur.

Dezavantajları ise MRI ekipmanının daha yüksek satın alma, bakım maliyetleri ve daha uzun inceleme süresidir. Manyetik rezonans görüntüleme elde etmek için sinyal üretimi, protonlar (hidrojen çekirdekleri) ile güçlü bir manyetik alan ve yüksek frekanslı etkileşime dayanır. MR'da kontrast, dokularda bulunan hidrojen

yoğunluğuna bağlı olarak farklı hidrojen konsantrasyonlarının yeniden üretilmesi ile görüntü oluşturmaktadır. Çok küçük patolojik lezyonlar ölçülebildiği için MRI özellikle yumuşak dokulardaki değişikliklerin teşhisi için uygundur. Ayrıca cihaz ayarlarına bağlı olarak farklı türden görüntü elde edilebilir. Bunlar T1 ağırlıklı görüntüler (T1), T2 ağırlıklı görüntüler (T2) ve Proton yoğunluğu (PD) ağırlıklı sekans görüntülerdir. Her bir sekans için ortalama ölçüm süresi 3 ila 5 dakikadır. Görüntü gerçekleştirilme süresi bölge başına yaklaşık 20 ila 45 dakika sürmektedir (Kwee ve ark., 2009).

Cihaz yardımıyla bazı dokulardan (yağ dokusu, beyin-omurilik sıvısı) gelen sinyaller daha seçici bir şekilde yağ baskılı veya sıvı baskılı görüntüler elde edilebiliyor. Bu bağlamda iltihap, tümör ve yağ bağlayan dokuların teşhisi çok daha kolay olmaktadır. Kontrast maddeler (demir oksit nanopartiküller) vardır. Manyetik rezonans görüntülemeye de görüntü tanımının parametreleri arasında pozitif bir bağlantı bulunmaktadır. Belirli bir bölgenin görüntüleme özellikleri ve bulunması beklenen lezyonlar göz önünde bulundurularak sekans ve kontrast madde ayarlanabilmektedir. Kontrast madde boşluklu organların görüntülenmesini sağlar. Örneğin; tümörde çevre dokunun sınırlandırılmasını sağlayarak ilgili doku sınırlarının tespiti mümkün hale gelmektedir.

MR' görüntü alınabilmesi için BT' de olduğu gibi hayvanlar genel anestezi altında olması gerekmektedir. Bu uygulamalar veteriner hekim kontrolünde ve konusunda uzman radyologlar tarafından yapılmalıdır.

Ultrasonografi (US)

Ultrasonografi ses dalgalarından oluşan enerjisinin görüntüye dönüştürülmesi yöntemidir. Ultrasonografide normalde ses üstü dalgaların dikkate alınıp işleme alınmasıdır. Ultrasonik dalgalar, bir prob üzerine yerleştirilen kristallerle piezoelektrik etki sonucu oluşturulur. Bu mekanik dalgalar vücuda aktarılır ve vücudun

içinden iletilir. Tanıda kullanılan ses dalgaları 2 ile 20 MHz arasında bir frekansa sahiptir.

Bu dalgaların oluşumunda sesin bir madde içerisinde yayılmasından sonra çıkan sesin oluşturduğu yansıma yeni görüntü için önemlidir. İki farklı parametrenin ara yüzünde ses dalgasının bir kısmı yansır prob bu yansıyan sesi alır ve bir görüntü oluşturur. Bu görüntü oluşum süresi yansıyan dokunun derinliği ile pozitif bir tolerans halindedir. Ultrasonik cihazdan gelen yansımanın şiddeti, bir monitörde farklı renk tonlarını oluşturmaktadır. Bu renkler gri, siyah ve beyaz renklerdir. Ses dalgalarının çoğunu geçiren dokular siyah renkte, çok az geçirenler gri ve hiç geçirmeyen ise beyaz renk ortaya çıkarmaktadır.

Özellikle sıvıların mesane içeriği, kan gibi bunlar dalgaları kısmen geçirdiği için gri, kemikler sesleri geçirmediği için beyaz, boşluklu organlar ise sesleri nerede ise tamamını geçirdiği için siyah renk oluşturmaktadır. Bütün bu yöntemler hayvanlar genel anestezi altında yapılması gerekmektedir.

Sonuç

Veteriner radyolojik görüntüleme yöntemleri, günümüzde hem tanısal doğruluğu artırmak hem de invaziv girişimlerin gerekliliğini azaltmak açısından büyük önem taşımaktadır (Tuncel, 2008). Radyografi, ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi modaliteler, yumuşak doku, kemik ve organ yapılarını yüksek çözünürlükte ortaya koyarak hastalıkların erken teşhisini mümkün kılmaktadır (Thrall, 2017; Nyland ve ark., 2015). Özellikle MRG ve BT, multiplanar görüntüleme ve doku kontrastı avantajlarıyla anatomik detayların incelenmesinde vazgeçilmez hale gelmiştir (Garosi, 2001). Bu yöntemlerin uygun şekilde seçilmesi ve yorumlanması, klinik karar süreçlerinde doğruluğu artırarak hayvan sağlığına doğrudan katkı sağlamaktadır (Rojo ve ark., 2020). Gelecekte gelişen teknolojilerle

birlikte üç boyutlu ve fonksiyonel görüntüleme yöntemlerinin veteriner hekimlikte kullanımının daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

Kaynakça

1. Ludewig E, Oechtering G, Mulling C, Probst A, Kneissl S, Sora MC ve ark. (2015). Kesit Anatomisi ve Görüntüleme Sistemleri. Editörler. Kürtül İ, Türkmenoğlu İ, Çev. Editörü. Veteriner Anatomi (Evcil Memeli Hayvanlar). 6. Baskı, Malatya: Medipres; 729-54.
2. Tuncel E. (2007). Klinik radyoloji. Radyolojik yöntemler. Genişletilmiş 2. Baskı, Bursa: Nobel ve Güneş Tıp Kitabevi.
3. Tuncel E. (2004). Radyolojiye Giriş ve Temel Kavramlar. Bursa: Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı.
4. Kaya T, (1997). Adapınar B, Özkan R. Temel radyoloji tekniği. İstanbul: Nobel Yayınevi.
5. Küçükaslan Ö, Gölcü BM, Yerlikaya N. (2018). Türkiye’de veteriner radyolojinin başlangıcı ve Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesindeki tarihsel gelişimi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 65(2):163-170.
6. Kwee TC, Takahara T, Ochiai R, Katahira K, Van Cauteren M, Imai Y, ve ark. (2009). Tüm vücut difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüleme. Avrupa radyoloji dergisi.70(3):409-417.
7. Babikir E, Hasan HA, Abdelrazig A, Alkhorayef MA, Manssor E. (2015). Radiation dose levels for conventional chest and abdominal X-ray procedures in elected hospitals in Sudan.

Radiation protection dosimetry.165(1-4):102-106.

8. Garosi, L. S., Dennis, R., & Platt, S. R. (2001). Magnetic resonance imaging and computed tomography characteristics of intracranial meningiomas in 41 cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(6), 476–481. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00969.x>
9. Nyland, T. G., Mattoon, J. S., Herrgesell, E. J., & Wisner, E. R. (2015). *Small animal diagnostic ultrasound* (3rd ed.). St. Louis, MO: Elsevier Saunders.
10. Thrall, D. E. (Ed.). (2017). *Textbook of veterinary diagnostic radiology* (7th ed.). St. Louis, MO: Elsevier.
11. Rojo, D., Martínez, F., & Pérez, C. (2020). Sectional anatomic and tomographic study of the feline abdomen. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(5), 512–522. <https://doi.org/10.1111/ahe.12566>

BÖLÜM 4

RATLARDA TEMEL BEYİN MORFOLOJİSİ VE İŞLEVLERİ

1. Sermin SARI ÇABUK¹

2. Emine Ümran ÖRSÇELİK²

Giriş

Son yıllarda laboratuvar ortamlarında en yaygın kullanılan model organizmalardan biri olan *Rattus norvegicus* (laboratuvar sıçanı- rat), sinirbilim araştırmaları başta olmak üzere birçok çalışmada önemli bir yere sahiptir. Rat beyni, yapısal olarak insan beynine oranla daha küçük ve sade bir organizasyona sahip olsa da fonksiyonel açıdan büyük benzerlikler göstermesi nedeniyle deneysel nöroanatomi, farmakoloji ve davranış bilimlerinde ideal bir örnek sunmaktadır (Smith ve ark., 2019).

Dünya sağlık örgütü 2024 yılı verilerine göre her üç kişiden birden fazlası nörolojik rahatsızlıklardan etkilenmektedir ve bu hastalıklar dünya çapında hastalık ve engelliliğin önde gelen nedenlerini oluşturmaktadır. Nörodejeneratif hastalıkların prevalansındaki artış, travmatik beyin hasarlarının toplum sağlığı üzerindeki uzun vadeli yükü, tedaviye dirençli epilepsi olguları, inme sonrası gelişen kalıcı nörolojik defisitler ile omurilik yaralanmalarına bağlı geri dönüşümsüz motor fonksiyon kayıpları

gibi klinik sorunlar, rodent merkezi sinir sistemi (MSS) modellerinin önemini her geçen yıl daha da artırmaktadır (van der Staay ve ark., 2009).

Bu bağlamda hem temel bilim araştırmalarında hem de translasyonel çalışmalarda rat modelleri; yüksek deneysel kontrol olanağı sunmaları ve insan MSS'si ile gösterdikleri biyolojik ve fonksiyonel benzerlikler nedeniyle altın standart model organizmalar arasında yer almaktadır. Ratlar özellikle nöronal devrelerin haritalanması, stereotaksik cerrahi uygulamaların gerçekleştirilmesi, hastalık patofizyolojisinin aydınlatılması, farmakolojik ajanların etkinlik ve güvenlik taramaları, rejeneratif ve nöroprotektif tedavi stratejilerinin geliştirilmesi ile davranışsal nörobilim testleri aracılığıyla fonksiyonel değerlendirmelerin yapılmasında kritik bir rol üstlenmektedir (Nestler ve ark., 2020).

RATLARDA TEMEL BEYİN MORFOLOJİSİ VE İŞLEVLERİ

Kafatası içerisinde yer alan nörolojik yapılar, ratın yaşamsal faaliyetlerini düzenleyen motor, duyu, otonom ve bilişsel süreçlerin tümünü yöneten bir organizasyon ağı oluşturmaktadır. Bu yapılara beyin (encephalon) ve ona bağlı ventriküler sistem, beyincik, beyin sapı ve endokrin merkezler dâhildir. Gerek anatomik yerleşimleri gerekse fonksiyonel ilişkileri açısından bu yapıların sistematik biçimde ele alınması, genel işleyişin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Dyce vd., 2010; Smith vd., 2019).

Rat beyninde kortikal organizasyon, limbik sistem bağlantıları, bazal gangliyon döngüleri ve beyin sapı çekirdeklerinin düzenlenişi, insan merkezi sinir sistemi ile belirgin ölçüde örtüşmektedir (Heilbronner vd., 2016; Hodge vd., 2019). Bu anatomik benzerlikler, dopaminerjik, serotonerjik ve noradrenerjik sistemler gibi nörotransmisyon ağlarının organizasyonunda da korunmuştur. Bu korunmuş devresel ve nörokimyasal yapı sayesinde

rat modelleri; Parkinson hastalığında dopaminerjik nöron kaybı, Alzheimer hastalığında amiloid patolojisi ve bilişsel bozukluklar, epilepside limbik sistem hiperaktivitesi, iskemik inme sonrası reperfüzyon hasarı ve travmatik beyin hasarında gelişen primer ve sekonder patofizyolojik mekanizmaların incelenmesinde güçlü deneysel platformlar sunmaktadır (Curia vd., 2008; Campos vd., 2013; Weber vd., 2019).

Rat beyni ortalama 2 gram civarındadır ve lissensefalik yapısı nedeniyle yüzey kıvrımları belirgin değildir; bununla birlikte kortikal katmanlaşma ve bölgesel organizasyon bakımından insan MSS'si ile temel nöro-anatomi düzeyinde önemli benzerlikler göstermektedir (Martínez-Cerdeño vd., 2012; Vogt vd., 2014).

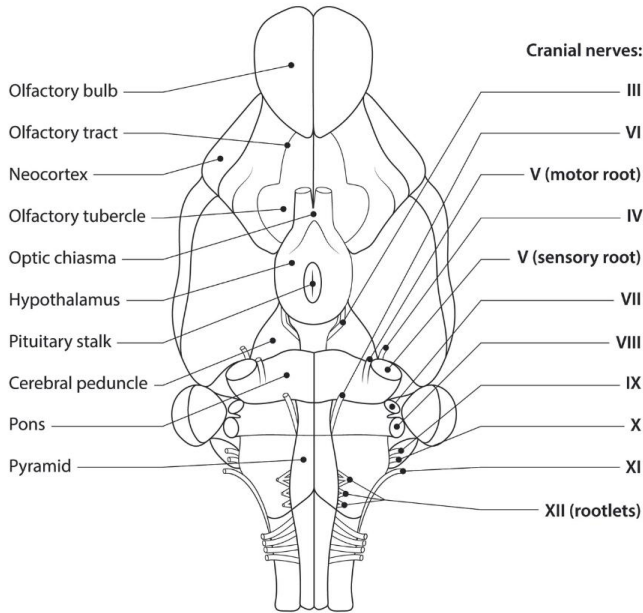
Rat kafatası (cavum cranii) içerisindeki beyinde (encephalon) bulunan başlıca yapılar tablo 1 de özetlenmiştir ve şekil 1 de görülebilir. Embriyoda nöral tübün ön kısmında ortaya çıkan üç kesecikten en öndeki prosencephalon, ortadaki mesencephalon, arkadaki ise rhombencephalon olarak isimlendirilir. Daha sonra prosencephalon; telencephalon ve diencephalon diye, rhombencephalon da metencephalon ve myelencephalon diye ikiye bölünerek toplam beş kesecik oluşmaktadır (Walker ve Homburger, 1997; Dyce vd., 2010).

Telencephalon (uç Beyin), beyin yapılarının en önemli bölümlerinden biridir, ratlarda ve insanlarda farklı özellikler gösterir. Bu bölge, olfaktor bulbüsler (koku soğancıkları) ve cerebral hemisferler (beyin yarımküreleri) içerir. Ratlarda cortex cerebri (beyin korteksi), insana göre daha incedir. Bu bölge bilişsel işlevler, motor entegrasyon ve öğrenmeden sorumludur (Walker ve Homburger, 1997; Ohkura vd., 2000). Bulbus olfactorius (koku soğancığı), koku alma duyusunun ilk işlem merkezidir ve ratlarda oldukça gelişmiştir (Purves vd., 2001). Corpus striatum (striatum), motor kontrol ve ödül mekanizmalarında rol alan ve bazal gangliyonların temel bileşenlerinden biri olan subkortikal bir yapıdır

(Graybiel, 2008; Haber ve Knutson, 2010). Hippocampus (hipokampus), hafıza ve mekânsal öğrenmede kritik bir rol üstlenir bu işlevleri nedeniyle rat çalışmalarında sıklıkla incelenmektedir (Squire, 1992; Morris et al., 1982). Septum pellucidum ise lateral ventrikülleri ayıran ince bir membranöz yapıdır (Nieuwenhuys vd., 2008).

Diencephalon (Ara Beyin), epithalamus, thalamus ve hypothalamus'tan oluşur. Hypothalamus, ventral görünümde optik kiazmanın (chiasma opticum) arkasında yer alır. Epithalamus'a bağlı olan pineal bez (epifiz), sirkadiyen ritimlerin düzenlenmesinde rol oynar. Thalamus, duyuşal ve motor bilgilerin aktarımında önemli bir merkezdir (Swanson, 2012; Saper ve Lowell, 2014).

Şekil 1. Rat beyninin temel anatomik bölgeleri.



<http://www.slk-art.com/rat-brain-anatomy/i4e5ga5cmbtv3bcbox9ffqwed04vum>

Tablo 1. Encephalon (beyin) bölümleri.

Birincil Bölüm	Alt Bölümler	Ana Yapılar	Ventriküler Sistem
Prosencephalon	Telencephalon	Cerebral korteks, Bazal çekirdekler, Limbik system, Hyppocampus	Lateral ventrikül
	Diencephalon	Glandula pinealis (Epifiz bezi), Thalamus, Hypothalamus, Hypophysis cerebri (Pituiter bez)	Üçüncü ventrikül
Mesencephalon	-	Tectum mesencephali (corpora quadrigemina), Tegmentum, Beyin sapı (pedunculi cerebri)	Cerebral akvedukt
Rhombencephalon	Metencephalon	Pons, Beyincik (Cerebellum)	Dördüncü ventrikülün rostral (ön) kısımı
	Myelencephalon	Medulla oblongata	Dördüncü ventrikülün kaudal (arka) kısımı
Nöral tüpün devamı	-	Omurilik (Medulla spinalis)	Santral kanal (Canalis centralis)

(Dyce vd., 2010)

Mesencephalon (Orta Beyin), üstte superior colliculi ve altta inferior colliculi olarak adlandırılan iki çift oval yapı içerir. Superior colliculi görsel uyarılarla, inferior colliculi ise işitsel uyarılarla ilişkilidir. Cerebral pedünküller, motor bilgilerin iletilmesinde görev alan lif demetleridir (Nieuwenhuys et al., 2008; Dyce vd., 2010).

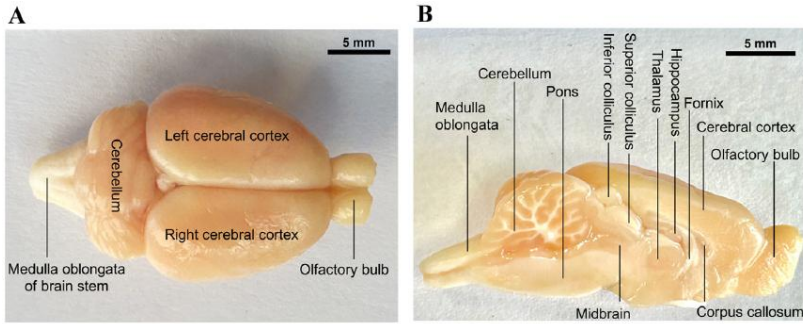
Metencephalon (Arka Beyin), cerebellum (beyincik) ve pons'tan oluşur. Cerebellum, hareket koordinasyonu ve dengeden sorumluyken, pons solunum ve uyku gibi hayati fonksiyonları düzenler. Myelencephalon (omurilik soğanı bölgesi) ise medulla oblongata'yı içerir ve solunum, kalp atışı gibi otonom fonksiyonları kontrol eder.

Bu yapıların her biri, nöral işlevlerin düzenlenmesinde ve davranışların kontrolünde kritik roller üstlenir. Rat modelleri, bu yapıların işleyişini anlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Greene, 1935; Walker ve Homburger, 1997; Dursun, 2006; Dyce vd., 2010).

Beyin, temel olarak sağ ve sol hemisfer olarak adlandırılan Şekil 2.2.'te gösterildiği üzere iki yarım küreden oluşmaktadır (Nowinski, 2011). Cerebrum ile beyin sapı arasında konumlanan diencefalon (gri cevher) bölgesi, merkezi sinir sisteminin önemli bir bileşenidir. Makroanatomik düzeyde beyin dokusu; meninges olarak bilinen beyin zarları, gri madde, beyaz madde ve ventriküler sistemde dolaşan beyin-omurilik sıvısı (BOS) şeklinde sınıflandırılabilir (Ramachandran, 2002). Gri madde primer olarak nöronal hücre gövdelerinden oluşurken, beyaz madde miyelinize akson demetlerinden meydana gelmektedir. Cerebral hemisferler, beynin en büyük yapısal komponentleri olup, corpus callosum başta olmak üzere beyaz cevher uzanımlarıyla birbirine bağlanmıştır (Greene, 1935; Nowinski, 2011).

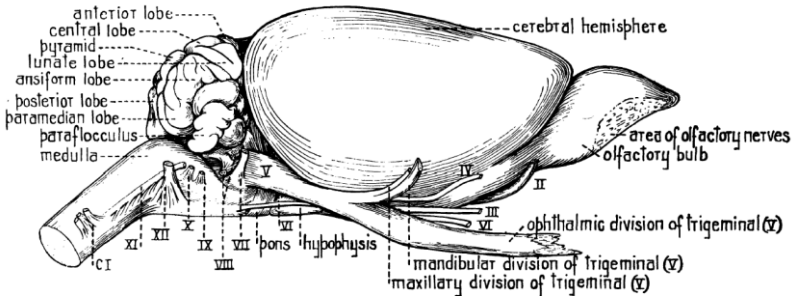
Beyin dokusu, ventriküler sistem ve subaraknoid boşluktaki BOS tarafından çevrelenmiş olup, bu yapılar üç tabakalı meningeal sistemle korunmaktadır. En dışta kafatasına komşu dura mater, ortada arachnoid mater ve beyin yüzeyine yapışık en iç pia mater tabakası bulunur. Fonksiyonel nöroanatomik perspektifinden bakıldığında, beyin; cerebral hemisferler, cerebellum, beyin sapı ve ventriküler sistemden oluşan bütünleşmiş bir yapıdır (Ohkura vd., 2000; Ramachandran, 2002; Dyce vd., 2010).

Şekil 1. Rat Beyninin genel anatomisi. (A) Genç yetişkin sıçan beyninin dorsal görünümü. (B) Sıçan beyninin sol sagittal görünümü.



(Aboghazleh vd., 2024)

Şekil 2. Beynin lateral görünümü ve kranial sinirlerin kökleri



(Greene, 1935)

Beyincik (cerebellum), morfolojik olarak iki hemisferden oluşan ve yüksek derecede girintili çıkıntılı kortikal yapısıyla cerebruma benzeyen bir yapıdır. Pons ve medulla oblongatanın superior kısmında yerleşim gösteren bu yapı, cerebral hemisferler dahil olmak üzere merkezi sinir sisteminin diğer bölümlerine kıyasla daha yoğun nöronal popülasyon içerir. Cerebellum, kas koordinasyonu için hayati bir merkezdir; vücudun oryantasyonunu ve motor aktivitesini izler ve düzeltici impulslar başlatır. Bu impulslar ya thalamus yoluyla cerebruma geri döner ya da doğrudan motor nöronların hücre gövdelerine iletilir (Walker ve Homburger, 1997; Kandel vd., 2000 Dursun, 2006).

Beyin sapı, merkezi sinir sisteminin omurilikle süreklilik gösteren temel bir bileşendir. Bu yapı hem duyuşal hem de motor fonksiyonlara katkıda bulunan çeşitli nöron grupları içerir. Periferik sinir sistemine bağlantıları Şekil 2.3. 'de görüldüğü üzere 12 kranial sinir aracılığıyla sağlanır ve bu yapılar, fonksiyonel olarak 31 spinal sinire benzer şekilde çalışır (Greene, 1935; Parent, 1996; Walker ve Homburger, 1997). Temel işlevsel özellikleri; kafa, boyun ve yüz bölgelerinin duyuşal-motor fonksiyonlarını yönetmektir. İşitme, denge ve tat alma gibi özelleşmiş duyuşların primer işleme merkezlerini barındırır. Kranial sinir merkezleri aracılığıyla yüz ifadeleri, çiğneme, yutma gibi yaşamsal fonksiyonları düzenler. Bu yapı aynı zamanda bilinç düzeyi ve otonomik fonksiyonların kontrolünde de kritik rol oynar (Ohkura vd., 2000; Nieuwenhuys vd., 2008).

Hypothalamus, thalamusun altında yer alan ve üçüncü ventrikülü çevreleyen önemli bir beyin bölgesidir. Beyin ventral yüzeyinde optik kiazmanın (chiasma opticum) arkasında belirgin oval bir alan olarak görülür. Hypothalamusun temel işlevleri arasında besin alımının homeostatik kontrolü, vücut sıcaklığının düzenlenmesi, üreme fonksiyonlarının endokrin kontrolü ve hipofiz bezi aracılığıyla nöroendokrin regülasyon gibi metabolik kontrol

mekanizmaları yer almaktadır (Walker ve Homburger, 1997; Ohkura vd., 2000; Saper vd., 2002). Leptin, ghrelin ve insülin gibi periferik sinyalleri algılayabilme yeteneği sayesinde, enerji dengesinin sürdürülmesinde kritik bir pozisyonda yer alır (Schwartz vd., 2000). Disfonksiyonlarının obezite, hiperfaji, termoregülasyon bozuklukları ve endokrin patolojilere yol açabilmesi, bu bölgenin fizyolojik sistemlerdeki merkezi önemini vurgulamaktadır (Cenik, 2017).

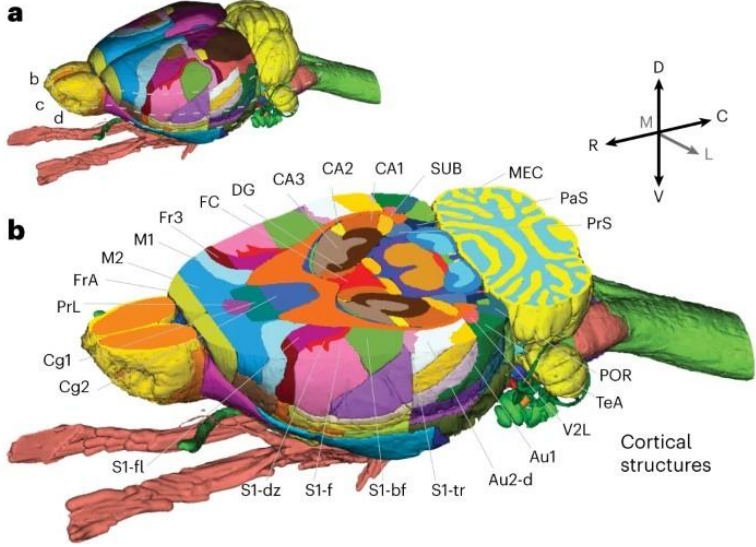
Hipofiz bezi (glandula pituitaria), sella turcica içinde yerleşmiş, yaklaşık 0,5 gram ağırlığında nöroendokrin bir organdır. Adenohypophysis (ön lob) ve neurohypophysis (arka lob) olmak üzere iki ana histolojik bölümden oluşur. Hypothalamustan gelen sinyallerle kontrol edilen bu bez, büyüme hormonu (GH), tiroid uyarıcı hormon (TSH), adrenokortikotropik hormon (ACTH) gibi tropik hormonlar salgılayarak periferik endokrin organların fonksiyonlarını koordine eder (Ross & Pawlina, 2020; Standring, 2020).

Her ne kadar günümüzde yapılan pek çok çalışmada hala beynin kabaca anatomik yapısının bilinmesi yeterli olsaydı da giderek artan detayda noktasal beyin bölgelerine yönelik bilimsel araştırmalar giderek önem kazanmaktadır. Bu hedefe yönelik olarak beyin başta olmak üzere pek çok doku ve organda son derece detaylı anatomik bilgilerin elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Kleven ve ark., 2023a).

Özellikle son yıllarda dijital dünyadaki gelişmeler sayesinde son derece karmaşık anatomik yapıların daha detaylı ifade edilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu yöntemlerden biri de Waxholm uzayı adı verilen ve beyin içi referans noktalarıyla tanımlanan bir kartezyen koordinat sistemine göre beyin bölgelerinin tanımlanmasıdır (Kleven ve ark., 2023a). Bu beyin bölgeleri stereotaksik olarak ve manyetik rezonans görüntüleri ile uyumlandırılarak sanal üç boyutlu

bir görüntü elde edilmekte ve ratlarda beyin ile ilgili çalışmalarda üst düzeyde bir rehberlik sağlamaktadır.

Şekil 4. Waxholm uzayı Sprague Dawley sıçanı beyni atlası



(Kleven ve ark., 2023b)

WHS sıçan beyni atlasının 3boyutlu görselleştirmesinde a şeklinde belirtilen noktalı çizgiler, kesit konumunu belirtmektedir. Bu şekilde b ile gösterilen görüntü Atlasın dorsalinden geçen yatay bir kesitteki kortikal ve hipokampal beyin bölgelerindeki anatomik yapıları göstermektedir. C, caudal; D, dorsal, L, lateral; M, medial; R, rostral, V, ventral yönleri gösteren koordinat çizgileridir.

Waxholm uzayı sıçan beyin bölgelerine göre (Kleven ve ark., 2023b) PrS ile ifade edilen presubikulum, bölgesi görsel bilgilerin başın yönü ile ilgili veriler ile birlikte algılanmasına yardım eden bir bölgedir. Böylece görsel uyarımı başın yönü ile ilgili alınan verilerle birleştirerek görsel uyarımı iyileştirmede önemli bir rol oynar. PaS, parahippokampal oluşum içinde yapısal ve işlevsel olarak farklı bir bölgedir ve mekansal biliş ve hipokampal bilgi işleme süreçlerinde

kritik bir rol oynayan parasubikulum bölgesini göstermektedir. Medial entorhinal korteksin (Şekil 4. MEC), hafıza rehberliğinde navigasyon için bilişsel bir harita görevi gördüğü varsayılmaktadır. Bu haritanın öğrenme sırasında nasıl geliştiği ve hafızayı nasıl etkilediği ise hala belirsizliğini korumaktadır. Subiculum (Şekil 4. SUB) bölgesinin dorsal bileşeni esas olarak uzay, hareket ve hafıza hakkındaki bilgilerin işlenmesiyle ilgiliyken ventral bileşen Hipotalamik-hipofiz-adrenal eksenini (Şekil 4. HPA) inhibe eder. Böylece subiculum HPA ekseninin strese verdiği tepkinin sonlandırılmasında veya sınırlandırılmasında önemli bir rol oynar. Cornu Ammonis (Hippocampus) (Şekil 4. CA1, CA2, CA3 ile gösterilen), beynin temporal lobunda yer alsın önemli bir bileşenidir. Bilgi işleme ve üreme döngüsünde rol oynar ve Alzheimer hastalığıyla ilişkilidir. Dentat girus (Şekil 4. DG), hipokampusun ayrılmaz bir bölgesidir. Hem epizodik hafıza (bir araya getirilebilen zaman, konum, ilişkili duygular ve diğer bağlamsal bilgiler gibi günlük olayların hafızası örneğin belirli zamanda ve yerde meydana gelen geçmiş kişisel deneyimler... gibi) oluşumundan hem de yeni ortamların keşfedilmesinden sorumlu beyin bölgesidir. Hipokampusun fasciola cinereum alt bölgesi (Şekil 4. FC), görsel bağlamsal hafızanın edinimi için önemlidir. Frontal asosiyasyon bölgeleri (Şekil 4. Fr3) frontal lobdaki ilişki korteksidir. Bu bölge, farklı durumlarda belirli hedeflere ulaşmak için düşünme süreçlerini işlemekten ve uyarlamaktan sorumludur. Bu düşünme süreçleri, beynin odaklanmasını, davranışların kontrol edilmesini ve farklı kararlar alınması süreçlerini içerir.

Merkezi sulkusun (sulcus centralis) hemen önünde yer alan birincil motor korteks (Şekil 4. M1), beceri gerektiren hareketlerin üretimi için en önemli sinyali sağlayan alandır. Bu bölgenin elektriksel olarak uyarılması, uyarılan alana bağlı olarak vücudun karşı tarafındaki kas gruplarının odaklanmış hareketlerine neden olur. İkincil motor korteks (Şekil 4. M2) ise medial frontal

korteksinin dorsal kısmını oluşturur. İkincil motor korteksin temel işlevlerinden biri duyuşal uyarılar ve önceki seçimler de dahil olmak üzere, öncül koşulları yaklaşan eylemlerle ilişkilendirmek olarak bildirilmiştir (Wang ve ark., 2020). Frontal lobdaki asosiyasyon alanlarını içeren kortek bölümü (Şekil 4. FrA) farklı durumlarda belirli hedeflere ulaşmak için odaklanma, davranışları kontrol etme, farklı kararlar alma gibi düşünme süreçlerini işlemekten ve uyarlamaktan sorumludur.

Kemirgenlerin medial prefrontal korteksindeki prelimbik korteks (Şekil 4. PrL), bağlam ve hedeflerin araçsal davranış üzerindeki etkilerine aracılık eder. Prelimbik korteks davranışın öğrenildiği bağlam tarafından (ancak diğer bağlamlar tarafından değil) araçsal davranışın modülasyonu için önemli olduğunu ve bağlamların potansiyel olarak geniş bir şekilde (en azından önceki davranışları içerecek şekilde) tanımlanabileceğini göstermiştir. Bu bölge kemirgenlerde koşullanma ile ilgili çalışmalar yönünden önem taşımaktadır (Green & Button, 2021). Singulat korteks (Şekil 4. CG1, CG2), duyuş, öğrenme, hafıza süreçlerindeki rolü ve amigdala, orbitofrontal korteks, parietal korteks ve hipokampal bölgeler gibi önemli beyin yapılarıyla olan bağlantıları nedeniyle nöropsikiyatrik ve nörolojik araştırmalarda son derece önemlidir.

Birincil somatosensoriyel alan (Şekil 4. S1-fl) ön ekstremitenin motor adaptasyonlarını sağlamasına ek olarak talamusun ventral posterolateral çekirdeğinden gelen projeksiyon lifleri aracılığıyla ağrı ve sıcaklık (lateral spinotalamik yol) ile kaba dokunma (anterior spinotalamik yol) ile ilgili duyuşal girdiyi de alır. Kemirgenlerde birincil somatosensoriyel alanın disgranüler bölgesi (Şekil 4. S1-dz), primat birincil somatosensoriyel alanının Brodmann'ın 3a alanı ile homologdur ve vücuttan gelen zararlı sinyallerin işlenmesinde rol oynar (Chung ve ark., 2022). Yine primer somatosensorik alandaki yüze ait bölge (S1-f) iletişim dilinde önemli olan yüz ifadeleri ve algılanması ile ilgilidir. Birincil

somatosensoriyel alanın Barrel sistemi (S1-bf), yüksek çözünürlüklü kortikal sensörimotor temsiller sunar. Barrel Sistemi, kortikal fonksiyonu molekülden davranışa kadar bütünleyici bir şekilde incelemeye olanak tanır (Feldmeyer ve ark., 2013). Postcentral gyrus'ta bulunan kortikal duyuşal homunculus (Şekil 4. S1-tr) beyinde vücudun küçük bir duyuşal temsilidir.

Rat beynindeki duyuşal alanlardan ikincil işitme alanı dorsal kısım (Şekil 4. Au2-d) farklı frekans genişliğindeki sesleri ayırt etme işlevini görür (Song ve ark., 2021). Primer işitme alanı (Şekil 4. Au1), ses kaynağı ve konumlarını ayırt etmeye yarar (Yao, Bremen & Middlebrooks, 2013). İkincil görsel korteks (Şekil 4. V2L), sıçanlarda sürprizin tetiklediği ipucu ilişkilendirilebilirliğini artırmakta kritik öneme sahiptir (Schiffino, & Holland, 2016).

Kemirgen beyninde temporal assosiyasyon korteksi (Şekil 4. TeA), somatosensoriyel, işitsel ve görsel kortekslerin altında yer alan dar ve uzunlamasına bir kortikal alandır. Temporal assosiyasyon korteksi, özellikle seslerin birbirinden farklılıklarını anlamada işlev yapar (annenin yavru ultrasonik seslerini işitmesi). Kemirgenlerdeki postrinal korteks (Şekil 4. POS) primatlardaki parahippokampal korteksin homologudur. Bağlamların ve sahnelerin mekansal özelliklerini temsil etmek için görsel-mekansal bilgileri işlediği düşünülmektedir. Postrinal korteks ortamdaki değişiklikleri otomatik olarak izler ve değişiklikler meydana geldiğinde temsilleri günceller. Bu temsiller, bağlam odaklı davranış, çağrışımsal öğrenme ve epizodik bellek için prefrontal, posterior kortikal ve hipokampal alanlar da dahil olmak üzere birden fazla beyin bölgesi tarafından kullanılabilir (Estela-Pro & Burwell, 2022).

Kaynakça

1. Campos, F. L., Carvalho, M. M., Cristovão, A. C., Je, G., Baltazar, G., Salgado, A. J., Kim, Y.-S., & Sousa, N. (2013). Rodent models of Parkinson's disease: Beyond the motor symptomatology. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 7, 175. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00175>.
2. Cenik, P. (2017). Yüksek kalorili diyetle oluşturulan obezitenin öğrenme ve bilişsel fonksiyonlar üzerine etkilerinin değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi). Adnan Menderes Üniversitesi.
3. Chung, G., Yun, Y. C., Kim, C. Y., Kim, S. K., & Kim, S. J. (2022). Metabotropic glutamate receptor 5 in the dysgranular zone of primary somatosensory cortex mediates neuropathic pain in rats. *Biomedicines*, 10(7), 1633.
4. Curia, G., Longo, D., Biagini, G., Jones, R. S. G., & Avoli, M. (2008). The pilocarpine model of temporal lobe epilepsy. *Journal of Neuroscience Methods*, 172(2), 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.04.019>
5. Dursun, N. (2006). *Veteriner Anatomi III*. Medisan Yayınevi.
6. Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy* (4th ed.). W. B. Saunders.
7. Estela-Pro, V. J., & Burwell, R. D. (2022). The anatomy and function of the postrhinal cortex. *Behavioral neuroscience*, 136(2), 101.

8. Feldmeyer, D., Brecht, M., Helmchen, F., Petersen, C. C., Poulet, J. F., Staiger, J. F., ... & Schwarz, C. (2013). Barrel cortex function. *Progress in neurobiology*, 103, 3-27.
9. Graybiel, A. M. (2008). Habits, rituals, and the evaluative brain. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 359–387
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112851>.
10. Greene, E. C. (1935). *Anatomy of the rat*. Hafner Publishing Company.
11. Green, J. T., & Bouton, M. E. (2021). New functions of the rodent prelimbic and infralimbic cortex in instrumental behavior. *Neurobiology of learning and memory*, 185, 107533.
<https://doi.org/10.1016/j.nlm.2021.107533>
12. Haber, S. N., & Knutson, B. (2010). The reward circuit: Linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 4–26.
<https://doi.org/10.1038/npp.2009.129>
13. Heilbronner, S. R., Rodriguez-Romaguera, J., Quirk, G. J., Groenewegen, H. J., & Haber, S. N. (2016). Circuit-Based Corticostriatal Homologies Between Rat and Primate. *Biological psychiatry*, 80(7), 509–521.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2016.05.012>
14. Hodge RD, Bakken TE, Miller JA, Smith KA, Barkan ER, Graybuck LT, Close JL, Long B, Johansen N, Penn O, Yao Z, Eggermont J, Höllt T, Levi BP, Shehata SI, Aevermann B, Beller A, Bertagnolli D, Brouner K, Casper T, Cobbs C, Dalley R, Dee

- N, Ding SL, Ellenbogen RG, Fong O, Garren E, Goldy J, Gwinn RP, Hirschstein D, Keene CD, Keshk M, Ko AL, Lathia K, Mahfouz A, Maltzer Z, McGraw M, Nguyen TN, Nyhus J, Ojemann JG, Oldre A, Parry S, Reynolds S, Rimorin C, Shapovalova NV, Somasundaram S, Szafer A, Thomsen ER, Tieu M, Quon G, Scheuermann RH, Yuste R, Sunkin SM, Lelieveldt B, Feng D, Ng L, Bernard A, Hawrylycz M, Phillips JW, Tasic B, Zeng H, Jones AR, Koch C, Lein ES. (2019). Conserved cell types with divergent features in human versus mouse cortex. *Nature*, 573(7772), 61–68. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1506-7>
15. Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of Neural Science* (4th ed.). McGraw-Hill.
 16. Kleven, H., Bjerke, I. E., Clascá, F., Groenewegen, H. J., Bjaalie, J. G., & Leergaard, T. B. (2023a). Waxholm Space atlas of the rat brain: a 3D atlas supporting data analysis and integration. *Nature methods*, 20(11), 1822-1829.
 17. Kleven, H., Bjerke, I. E., Clascá, F., Groenewegen, H. J., Bjaalie, J. G., & Leergaard, T. B. (2023b). Waxholm Space atlas of the rat brain: a 3D atlas supporting data analysis and integration. *Nature methods*, 20(11), 1822-1829.
 18. Martínez-Cerdeño, V., Cunningham, C. L., Camacho, J., Antczak, J. L., Prakash, A. N., Cziep, M. E., Walker, A. I., & Noctor, S. C. (2012). Comparative analysis of the subventricular zone in rat, ferret and macaque: evidence for an outer

- subventricular zone in rodents. PloS one, 7(1), e30178.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030178>
19. Morris, R. G. M., Garrud, P., Rawlins, J. N. P., & O'Keefe, J. (1982). Place navigation impaired in rats with hippocampal lesions. *Nature*, 297, 681–683.
<https://doi.org/10.1038/297681a0>.
 20. Nestler, E.J., Kenny, P.J., Russo, S.J. & Schaefer, A. (2020) CHAPTER 1: Basic Principles of Neuropharmacology. In Nestler, Hyman & Malenka's Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience.
 21. Nieuwenhuys, R., Voogd, J., & van Huijzen, C. (2008). The Human Central Nervous System (4th ed.). Springer.
 22. Nieuwenhuys, R., Voogd, J., & van Huijzen, C. (2008). The Human Central Nervous System, 4th ed. *AJNR: American Journal of Neuroradiology*, 29(5), e39.
<https://doi.org/10.3k174/ajnr.A0991>.
 23. Nowinski, W. L. (2011). Introduction to brain anatomy. In *Biomechanics of the Brain* (pp. 5–40). Springer.
 24. Ohkura, S., Tsukamura, H., & Maeda, K. (2000). Endocrinology. In G. J. Krinke (Ed.), *The laboratory rat (Handbook of experimental animals)* (pp. 401–433). Academic Press.
 25. Parent, A. (1996). *Carpenter's Human Neuroanatomy* (9th ed.). Williams & Wilkins.

26. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., editors. Neuroscience. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001. The Olfactory Bulb.
27. Ramachandran, V. S. (2002). Encyclopedia of the Human Brain (4 vols.). Academic Press.
28. Saper, C. B., & Lowell, B. B. (2014). The hypothalamus. *Current Biology*, 24(23), R1111–R1116. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.10.023>
29. Saper, C. B., et al. (2002). The need to feed: Homeostatic and hedonic control of eating. *Neuron*, 48(2), 199–211.
30. Schiffino, F. L., & Holland, P. C. (2016). Secondary visual cortex is critical to the expression of surprise-induced enhancements in cue associability in rats. *European Journal of Neuroscience*, 44(2), 1870-1877.
31. Schwartz, M. W., et al. (2000). Central nervous system control of food intake. *Nature*, 404(6778), 661–671.
32. Smith, J. R., Bolton, E. R., & Dwinell, M. R. (2019). The rat: A model used in biomedical research. In G. Hayman, J. Smith, M. Dwinell, & M. Shimoyama (Eds.), *Rat Genomics (Methods in Molecular Biology, vol. 2018)*. Humana. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9581-3_1
33. Song, P. R., Zhai, Y. Y., Gong, Y. M., Du, X. Y., He, J., Zhang, Q. C., & Yu, X. (2021). Adaptation in the dorsal belt and core regions of the auditory cortex in the awake rat. *Neuroscience*, 455, 79-88.

34. Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99(2), 195–231. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.2.195>
35. Standring, S. (2020) *Gray's Anatomy*, 42nd Edition. The Anatomical Basis of Clinical Practice. Elsevier, Amsterdam.
36. Swanson, L. W. (2012). *Brain architecture: Understanding the basic plan* (2nd ed.). Oxford University Press New York, NY.
37. van der Staay, F. J., Arndt, S. S., & Nordquist, R. E. (2009). Evaluation of animal models of neurobehavioral disorders. *Behavioral and Brain Functions*, 5(1), 11.
38. Vogt, B. A., & Paxinos, G. (2014). Cytoarchitecture of mouse and rat cingulate cortex with human homologies. *Brain structure & function*, 219(1), 185–192. <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0493-3>
39. Walker, W. F., & Homburger, F. (1997). *Anatomy and dissection of the rat* (3rd ed.). W. H. Freeman.
40. Wang Q, Ding SL, Li Y, Royall J, Feng D, Lesnar P, Graddis N, Naeemi M, Facer B, Ho A, et al. (2020). The Allen Mouse Brain Common Coordinate Framework: A 3D Reference Atlas. *Cell* 181, 936–953 e920.
41. Weber, B., Lackner, I., Haffner-Luntzer, M., Palmer, A., Pressmar, J., Scharffetter-Kochanek, K., Knöll, B., Schrezenemeier, H., Relja, B., & Kalbitz, M. (2019). Modeling trauma in rats: Similarities to humans and potential pitfalls to

consider. Journal of Translational Medicine, 17, 305.
<https://doi.org/10.1186/s12967-019-2052-7>.

42. Yao, J. D., Bremen, P., & Middlebrooks, J. C. (2013). Rat primary auditory cortex is tuned exclusively to the contralateral hemifield. Journal of neurophysiology, 110(9), 2140-2151.

GEÇİCİ KAPAK

*Kapak tasarımı
devam ediyor.*