



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SİLİKON VE POLYESTER PLASTİNASYON METODU  
İLE HAZIRLANMIŞ SIĞIR BEYİNLERİNİN YÜZ YÜZE  
VE ÇEVİRİMİÇİ ANATOMİ EĞİTİMİNDEKİ  
ETKİNLİĞİ VE VERİMLİLİĞİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hasen Awel YUNUS**

**ANATOMİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR**

**ANKARA  
2023**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİLİKON VE POLYESTER PLASTİNASYON METODU  
İLE HAZIRLANMIŞ SIĞIR BEYİNLERİNİN YÜZ YÜZE  
VE ÇEVİRİMİÇİ ANATOMİ EĞİTİMİNDEKİ  
ETKİNLİĞİ VE VERİMLİLİĞİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hasen Awel YUNUS**

**ANATOMİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR**

**Bu tez, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri Müdürlüğü tarafından  
21L0239025 proje numarası ile desteklenmiştir**

**ANKARA  
2023**

## ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Silikon ve Polyester Plastinasyon Metodu ile Hazırlanmış Sığır Beyinlerinin Yüz yüze ve Çevrimiçi Anatomi Eğitimindeki Etkinliği ve Verimliliğinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi danışmanıma ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Hasen Awel YUNUS

Tarih: 22.06.2023

İmza:

## KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Anatomi Anabilim Dalı'nda,  
Hasen Awel YUNUS tarafından hazırlanan “Silikon ve Polyester Plastinasyon  
Metodu ile Hazırlanmış Sığır Beyinlerinin Yüz yüze ve Çevrimiçi Anatomi  
Eğitimindeki Etkinliği ve Verimliliğinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması  
aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU  
ile kabul/ret edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 22.06.2023

Prof. Dr. Ahmet Çakır  
Ankara Üniversitesi  
(Jüri Başkanı)

Prof. Dr.Selçuk TUNALI  
TOBB ETÜ Üniversitesi  
Üniversitesi

Prof.Dr. Burcu ONUK  
Ondokuz Mayıs

Döç. Dr. Okan EKİM  
Ankara Üniversitesi

Döç. Dr. Caner BAKICI  
Ankara Üniversitesi  
(Rapotör)

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Yönetim kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fügen AKTAN  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

# İÇİNDEKİLER

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| Etik Beyan                                               | ii        |
| Kabul ve Onay                                            | iii       |
| İçindekiler                                              | iv        |
| Önsöz                                                    | vi        |
| Simgeler ve Kısaltmalar                                  | viii      |
| Şekiller                                                 | ix        |
| Çizelgeler                                               | x         |
| <b>1. GİRİŞ</b>                                          | <b>1</b>  |
| 1.1. Plastinasyon                                        | 3         |
| 1.1.1. Plastinasyonun Tarihi                             | 3         |
| 1.1.2. Plastinasyon İlkeleri                             | 5         |
| 1.1.3. Silikon Plastinasyon                              | 6         |
| 1.1.3.1. Örnek Hazırlama                                 | 6         |
| 1.1.3.2. Dehidrasyon                                     | 8         |
| 1.1.3.3. Zorlu İmpregnasyon                              | 9         |
| 1.1.3.4. Örnek Sertleştirme                              | 10        |
| 1.1.4. Polyester Plastinasyon                            | 12        |
| 1.1.4.1. Örnek Hazırlama                                 | 13        |
| 1.1.4.2. Dehidrasyon                                     | 14        |
| 1.1.4.3. Zorlu İmpregnasyon                              | 15        |
| 1.1.4.4. Döküm Haznelerinin İnşası ve Örnek Sertleştirme | 17        |
| 1.2. Encephalon (Beyin)                                  | 20        |
| 1.2.1. Meninges                                          | 21        |
| 1.2.2. Prosencephalon                                    | 22        |
| 1.2.3. Mesencephalon                                     | 29        |
| 1.2.4. Rhombencephalon                                   | 30        |
| <b>2. GEREÇ VE YÖNTEM</b>                                | <b>33</b> |
| 2.1. Örnek Toplama ve Depolama                           | 33        |
| 2.2. Diseksiyon                                          | 33        |
| 2.3. Silikon Plastinasyon                                | 34        |
| 2.3.1. Örnek Hazırlama                                   | 34        |
| 2.3.2. Dehidrasyon                                       | 35        |
| 2.3.3. Zorlu İmpregnasyon                                | 37        |
| 2.3.4. Örnek Sertleştirme                                | 38        |
| 2.4. Polyester Plastinasyon                              | 39        |
| 2.4.1. Örnek Hazırlama                                   | 39        |
| 2.4.2. Dehidrasyon                                       | 40        |
| 2.4.3. Zorlu İmpregnasyon                                | 41        |
| 2.4.4. Sertleştirme                                      | 42        |
| 2.5. Anket Çalışması                                     | 44        |
| 2.6. İstatistiksel Analiz                                | 45        |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>3. BULGULAR</b>                                                       | 46 |
| 3.1. Tam Beyin Silikon Plastinasyonu                                     | 46 |
| 3.2. Silikon ve Polyester Plastine Edilmiş Kesit Beyin                   | 51 |
| <b>4. TARTIŞMA</b>                                                       | 61 |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>                                              | 68 |
| <b>ÖZET</b>                                                              | 69 |
| <b>SUMMARY</b>                                                           | 70 |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                         | 71 |
| <b>EKLER</b>                                                             | 83 |
| Ek-1. Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Kararı                          | 83 |
| Ek-2. İnsan Üzerinde Yapılan Klinik Dışı Araştırmalar Etik Kurulu Kararı | 84 |



## ÖNSÖZ

Anatomi, veteriner hekimliği eğitiminde temel bilim döngüsünü oluşturan ana konulardan biridir ve bu profesyonellerin lisans müfredatı için esastır. Nöroanatomi, öğrencilerin veteriner anatomisi okurken aldıkları temel derslerden biridir. Veteriner hekimliği öğrencisine, sinir sistemini etkileyen yaygın bozuklukları anlamalarını, teşhis ve tedavi etmelerini sağlamak için nörolojik sistem hakkında yeterli bilgi içeren anatomik bir temel sağlamaktadır. İyi muhafaza edilmiş örnekler, anatomi öğretimi ve öğreniminde temel bir gerekliliktir. Beyni uzun bir süre formalin solüsyonunda muhafaza etmenin beyinde bulunan lipitler üzerinde şaşırtıcı derecede belirgin bir etkisi vardır. Nöroanatominin önünde, parçaların mevcudiyeti, korunması ve öğrenciler için sergilenmesi gibi pek çok zorluk olsa da, bu alandaki çalışmaları ve yenilikleri geliştirebilecek eğitim araçlarının geliştirilmesi için her gün yeni bir fırsat ortaya çıkmaktadır. Plastinasyon, biyolojik materyalleri eğitim, öğretim ve araştırma amacıyla korumak için kullanılan anatomik bir tekniktir. Anatomi bölümlerinde kullanılan vücutları, vücut parçalarını veya dilimleri korumak için en yeni ve en etkili koruma yöntemlerinden biridir. Öğrenciler için temiz, kuru, dayanıklı, hafif, dokunulabilir, kokmayan, toksik olmayan ve biyolojik olarak zararlı olmayan numuneler üretir. Bu çalışmanın amacı, silikon ve polyester plastine edilmiş sıgır beyinlerinin yüz yüze ve çevrimiçi nöroanatomi eğitimindeki etkinliğini ve verimliliğini değerlendirmektir. Öğrenciler, örneklerin değerlendirmesini yaptıktan sonra plastine edilmiş örneklerin belirgin anatomik bileşenleri ile harika bir öğretim kaynağı olduğunu bulmuşlardır. Anatomi ve klinik eğitimde, silikon plastinasyon ve polyester yöntemleriyle hazırlanan beyin, formalinle korunmuş beyne alternatif olarak veya onunla birlikte kullanılabilir. Eğitim kalitesini artırmak için, veteriner anatomi öğretiminde plastine edilmiş örneklerin kullanılması, özellikle nöroanatomi öğretimi için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Doktora eğitimim boyunca bana her konuda yardımcı olan, desteklerini esirgemeyen, fikirleriyle bana yol gösteren Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi, değerli danışman hocam, Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince hem bilimsel hem de manevi destek veren, tez çalışmalarında yardımcı olan ve yol gösteren TOBB ETÜ Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr.Selçuk TUNALI'ya teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Anatomi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladığım ilk günden bugüne üzerimde hem bilimsel hem de manevi emekleri olan hocalarım; Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Merih HAZIROĞLU ile Öğretim Üyeleri; Prof. Dr. İsmail Önder ORHAN ve Prof. Dr. Çağdaş OTO'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında yanımda olan, bilimsel ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, gerek bilimsel çalışmalarında gerekse de Anatomi Anabilim Dalı'ndaki çalışmalarında her zaman yanımda olan kıymetli hocalarım; Doç. Dr. Okan Ekim ve Doç. Dr. Caner BAKICI ile çalışma arkadaşım, değerli kardeşim, Arş. Gör. Barış BATUR'a en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Anatomi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladığım ilk günden bugüne Anabilim Dalı'ndaki çalışmalarında bana yardımcı olan, desteklerini esirgemeyen, kıymetli ağabeyim Kemal ŞAHBAZ'a teşekkür ederim.

Benden manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bundan sonrada esirgemeyecek olan sevgili eşim Hanan Kasim HORDOFA ile kıymetli oğlum Hanif Hasen AWEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin tamamlanmasında maddi ve açısından destekleri olan Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'ne teşekkür ederim. Bu tez, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından 21L0239025 proje numarası ile desteklenmiştir.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| BOS   | Beyin omurilik sıvısının      |
| BT    | Bilgisayarlı tomografi        |
| °C    | Santigrat derece              |
| CT    | Computed tomography           |
| cm    | Santimetre                    |
| CNS   | Merkezi sinir sistemi         |
| g     | Gram                          |
| l     | Litre                         |
| ml    | Mililitre                     |
| mm    | Mili metre                    |
| mm Hg | Milimetre cıva                |
| MRI   | Manyetik rezonans görüntüleme |
| MRG   | Manyetik rezonans görüntüleme |
| PNS   | Periferik sinir sistemi       |
| US    | Untrasonografi                |
| UVA   | Ultraviyole A                 |
| %     | Yüzde işareti                 |

## ŞEKİLLER

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 2.1.</b> Kafatası diseksiyonu ve beyin eksenterasyonu prosedürü                                              | 34 |
| <b>Şekil 2.2.</b> Meninges'in beyin yüzeyinden diseksiyon ile çıkarılması                                             | 35 |
| <b>Şekil 2.3.</b> Beyin kesit alma prosedürü (silikon plastinasyon)                                                   | 35 |
| <b>Şekil 2.4.</b> Aseton konsantrasyon ölçümü                                                                         | 37 |
| <b>Şekil 2.5.</b> Zorlu impregnasyon (silikon plastinasyon)                                                           | 38 |
| <b>Şekil 2.6.</b> Fazla polimer süzülmesi ve empregne edilmiş tam beynin kürlenmesi                                   | 39 |
| <b>Şekil 2.7.</b> Fazla polimer drenajı kesit beynin kürlenme kutusunda kürlenmesi                                    | 39 |
| <b>Şekil 2.8.</b> Beyin kesit alma prosedürü (polyester plastinasyon)                                                 | 40 |
| <b>Şekil 2.9.</b> Zorlu impregnasyon (polyester plastinasyon)                                                         | 41 |
| <b>Şekil 2.10.</b> Cam hazne yapımı ve kürlenme                                                                       | 43 |
| <b>Şekil 2.11.</b> Polyester polimer, kobalt ve MEK-P'nin karıştırılması                                              | 43 |
| <b>Şekil 2.12.</b> Polyester plastine numunenin kesilmesi                                                             | 44 |
| <b>Şekil 3.1.</b> Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (dorsal görünüm)                                   | 47 |
| <b>Şekil 3.2.</b> Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (lateral görünüm)                                  | 50 |
| <b>Şekil 3.3.</b> Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (ventral görünüm)                                  | 51 |
| <b>Şekil 3.4.</b> Trigonum olfactorium seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü | 55 |
| <b>Şekil 3.5.</b> Trigonum olfactorium seviyesinde dilimlenmiş beynin plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü         | 55 |
| <b>Şekil 3.6.</b> Chiasma opticum seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü      | 56 |
| <b>Şekil 3.7.</b> Farklı seviyelerde dilimlenmiş beyin polyester plastinasyonu                                        | 57 |
| <b>Şekil 3.8.</b> Corpus mamillare seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü     | 60 |
| <b>Şekil 3.9.</b> Crus cerebri seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü         | 60 |

## ÇİZELGELER

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1.</b> Tam beyin silikon plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü   | 36 |
| <b>Çizelge 2.2.</b> Kesit beyin silikon plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü | 36 |
| <b>Çizelge 2.3.</b> Polyester plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü           | 40 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Tam beyin silikon plastinatın yüz yüze anket çalışması              | 48 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Tam beyin silikon plastinatın çevrimiçi anket çalışması             | 49 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Kesit beyin silikon plastinatın yüz yüze anket çalışması            | 53 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Kesit beyin polyester plastinatının yüz yüze anket çalışması        | 54 |
| <b>Çizelge 3.5.</b> Kesit beyin silikon plastinatının çevrimiçi anket çalışması         | 58 |
| <b>Çizelge 3.6.</b> Kesit beyin polyester plastinatının çevrimiçi anket çalışması       | 59 |

## 1. GİRİŞ

Veteriner hekimliği eğitimi, hayvanlara öncelik veren yüksek motivasyonlu, pratik olarak donanımlı, yetenekli ve bilgili profesyoneller yetiştirmeyi amaçlamaktadır (Dibal ve ark., 2018). Anatomi, vücudu oluşturan doku ve organların şekli, yapısı, topografisi ve fonksiyonel etkileşimi ile ilgilenen morfolojinin bir dalıdır. Anatomi, fiziksel muayene yapmanın, tıbbi görüntülemeyi yorumlamanın ve klinik prosedürleri güvenli bir şekilde gerçekleştirmenin temelini oluşturduğundan, genel tıp eğitiminin önemli bir bileşenidir (Allen ve Roberts, 2002; Fitzgerald, 2008; Konig ve Liebich, 2004; Raftery, 2007). Veteriner hekimliği eğitim sürecinde anatomi oldukça önemli bir role sahiptir. Veteriner anatomi eğitiminde pratik çalışmalar, diseksiyon ve uzun süre kullanım amacıyla tüm vücudun ve organların korunmasıyla gerçekleştirilir. Geleneksel olarak anatomik örnekler; formalin, Bouin sıvısı veya alkol konsantrasyonlarında muhafaza edilmektedir (Laskar ve ark., 2009). Eğitim amacına ek olarak dokular, organlar ve tüm vücut veya vücudun çeşitli kısımları araştırma, müze örnekleri veya kayıt tutma ve adli tıp için muhafaza edilmektedir (Brenner, 2014; Laskar ve ark., 2009).

Nöroanatomi, veteriner anatomi eğitimi kapsamında verilen temel derslerden biridir. Bu konu veteriner hekimliği öğrencilerine sinir sistemi hastalıklarının teşhisi ve tedavisi için sinir sistemi hakkında anatomik olarak yeterli bilgiyi sağlar (de Lahunta ve ark., 2008 ve Schoefert, 2019). Merkezi sinir sistemi, birinci sınıfta anlatılan anatomi dersinin önemli bir parçasıdır. Formalin içinde muhafaza edilen beyinler nöroanatominin pratik öğretimi için kullanılmaktadır. Beynin formalin solüsyonunda uzun süreli korunması, beyin lipidleri üzerinde dikkat çekici bir etkiye sahiptir. Birkaç lipid tamamen parçalanırken geriye kalanlar etkilenmeden kalır. Formalin solüsyonunda bir yıldan uzun süre korunan beyinlerin bozulduğu gözlemlenirken bunun yanında öğrenciler tarafından kullanılanların kolayca parçalandığı görülmektedir (Delerkauf, 1962; Jain ve ark., 2014; Tomalty, 2019).

Dolayısıyla araştırmacılar, uygun koruma için alternatif teknikler aramaya devam etmektedir. Bununla birlikte gelişen teknolojiye paralel olarak, öğrenciler de gelişmekte, fakat daha fazla teknolojiye bağımlı hale gelmektedir (Eken, 2012; Miller ve ark., 2002; Ozkadif; Reidenberg ve Laitman, 2002). Öğrenci özellikleri ile teknoloji ve dijital kaynakların artan varlığı, hızla değişen bu ortama uyum sağlamak için çaba sarf eden fakülteler için ciddi zorluklar yaratmaktadır. Bilgi teknolojisinin eğitime entegrasyonu yakın zamanda daha da ilerleyecek ve sonunda çevrimiçi eğitim, örgün eğitim ve öğretimin ayrılmaz bir parçası haline gelecektir (Zawacki-Richter, 2021; Zhu, 2020). Plastinasyon, biyolojik materyali eğitim, öğretim ve araştırma amacıyla korumak için kullanılan anatomik bir tekniktir. Anatomi alanında kullanılan organları, vücut parçalarını veya kesitlerini korumak için en yeni ve en etkili koruma yöntemlerinden biridir (Henry ve Latorre 2007; Sivrevveark., 2013; Sora, 2019; Tunali ve ark., 2011).

Çoğu ülkenin modern tıbbi laboratuvarlarında, eğitim-öğretimde klasik formaldehit ile korunan örnekler yerine plastine edilmiş materyaller tercih edilmektedir. Plastine edilmiş örneklerin kötü kokmamalarının yanı sıra, tercih edilmelerinin bir diğer nedeni de saklama için daha az yer gerektirmeleri ve dayanıklı olmalarıdır. Bu nedenle de veteriner anatomide iyi bir eğitim aracı olarak güncelliğini korumaktadır (Ekim ve ark., 2017, Latorre ve ark., 2002; Sivrev ve ark., 2013).

Plastinasyon geviş getirenlerde, etoburlarda ve tektırnaklılarda beynin çeşitli patolojilerinin tanısında, CT ve MRI gibi klinik görüntüleme yöntemleri kullanılarak elde edilen görüntülerin yorumlanmasında da kullanılmaktadır (Lieve ve ark., 2005). Bu örnekler temiz, kuru, dayanıklı, hafif, dokunulabilir, gerçeğe yakın, kötü kokulu ve toksik olmama, biyolojik olarak tehlikeli olmama gibi önemli özelliklere sahiptir (Ekim ve ark., 2014; Pashaei, 2010) ve nispeten daha ayrıntılı özellikler de sunmaktadır (Fruhstorfer, 2011). Ayrıca eğitim, moleküler veya hücrel çalışmalarda bilimsel araştırmalar için gerekli kadvraların kullanımı, taşınması, depolanması ve azaltılması bakımından da uygundur (Jadhav ve ark., 2016). Kesit

plastinasyonu ile hazırlanan örneklerin ince kesitleri, dokuların mikroskopik yapısını ve özelliklerini korumakla birlikte (Pashaei, 2010), topografik olarak incelenmesini de kolaylaştırır (Sora ve ark., 2012). Buna ek olarak, kesitsel anatomi ve nöroanatomi eğitimi için mevcut anatomik örneklerle göre daha fazla materyal kullanılmasına yardım eder (Singh, 2013).

Plastine edilmiş örnekler, bireysel öğrenme ve araştırmalarda faydalıdır. Bu nedenle sadece anatomi eğitimini değil, aynı zamanda klinik bilimlerdeki eğitim faaliyetlerini de kolaylaştırmaktadır. Merkezi ve periferik sinir sistemi örneklerinin gerçeğe yakın olarak görselleştirilmesi, bu yöntemin benzersiz özelliklerinden biridir. Geleneksel koruma tekniklerinin yan etkilerinin üstesinden gelmek ve eğitim kalitesini artırmak için veteriner anatomi eğitiminde plastine edilmiş örneklerin kullanılması çok önemlidir. Bu materyaller özellikle nöroanatomi eğitimi için çok değerli bir araçtır (Latorre ve ark., 2002; Sivrev ve ark., 2013). Plastinasyon tekniği ve bu teknikle hazırlanmış anatomik materyaller veteriner anatomisinin öğretilmesi ve öğrenilmesinin dijitalleştirilmesi sürecine daha fazla katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte uzun süreli muhafaza ve kullanım amacıyla dijitalleştirilmiş görüntüler üretmek için de kullanılabilir (Hayat ve ark., 2018; König ve Gonzalez, 2001; Sora ve ark., 2019).

## **1.1. Plastinasyon**

### **1.1.1. Plastinasyonun Tarihi**

Gunther Von Hagens'in Heidelberg Üniversitesi Anatomi Enstitüsü'nde çalışmaya başladığı yıl (1975), plastinasyonun gelişiminin ilk adımına işaret ettiği için anatomistler için yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. 10 Ocak 1977'de Hagens, çeşitli teknik ve malzemeler kullanarak yapmış olduğu denemeler sonrasında bir plastinat örneği elde etmiştir. Bu örneğin elde edilmesi için oluşturduğu tekniği de "plastinasyon" olarak adlandırmıştır. Sonrasında Alman Patent Ofisi aynı yıl Hagens'in yöntemine ilişkin yapmış olduğu başvurusunu kabul

etmiştir. Plastine edilen ilk örnek olan böbrek, anatomik yapısından oldukça farklı bir görünüm sergileyerek küçülmüştür. 1978 yılında ise anatomik morfolojisi iyileştirilmiş ilk silikon-plastine kalp oluşturulmuştur. Hagens, daha yüksek kaliteli plastinatlar geliştirmek ve üretmek için plastinasyon üzerinde çalışmaya devam etmiştir (Pashaei, 2010, Robert ve ark., 1997; Von Hagens, 1986). 1982 yılında, Harmon Bickley tarafından organize edilen ilk plastinasyon konferansı Amerika Birleşik Devletleri'nin Teksas eyaletinde düzenlenmiştir (Von Horstet ve ark., 2019). O tarihten itibaren her iki yılda bir uluslararası Plastinasyon konferansları yapılmaktadır. 1986 yılında Uluslararası Plastinasyon Derneği kurulmuş ve bir yıl sonra Uluslararası Plastinasyon Derneği Dergisi yayınlanmıştır. Von Hagens 1993 yılında Heidelberg'de Plastinasyon Enstitüsü BIODUR® adında özel bir şirket kurmuştur (Jones ve Whitaker, 2009; Pashaei, 2010; Robert ve ark, 1997; von Horst ve ark., 2019).

Hagens, plastinasyon yöntemini geliştirmeye devam ederek plastinasyonu çok daha büyük bir ölçekte gerçekleştirmiş, plastinatların sayısını ve boyutunu arttırmayı başarmıştır (Pashaei, 2010; Robert ve ark., 1997; von Hagens, 1986; Von Horstet ve ark., 2019). BIODUR® onun çalışmalarını daha da ileriye taşımış, çeşitli örnekler ve kimyasal maddeler sağlamıştır. Bugün BIODUR® dünya çapında plastinasyon için malzeme ve ekipman satmaya devam etmektedir (Pashaei, 2010). Hagens'in sıkı çalışmasının yanı sıra, plastine edilmiş insan vücudunun sergilenmesi de dünya çapında büyük ilgi görmesine yardımcı olmuştur (Jones and Whitaker, 2009). 1995'te Japon Anatomi Derneği'nin davetiyle, plastinat örnekler Tokyo'daki Ulusal Bilim Müzesi'nde ilk kez kamuya açık olarak sergilenmiştir. Sergi şaşırtıcı derecede başarılı olmuştur; sadece dört ay içinde 450.000'den fazla kişi tarafından ziyaret edilmiştir. Almanya'da ilk Body Worlds Sergisi 1997 yılında Mannheim'da yapılmıştır (Pashaei, 2010; Jones ve Whitaker, 2009).

Alman Anatomi Derneği 1997'de Mannheim'daki ilk Alman sergisini engellemeye çalışmış ve daha sonra Body Worlds toplumun ilkelerini ciddi şekilde ihlal ettiği gerekçesiyle kınanmıştır (Kuhnel, 2004). Daha sonra, 2004 yılında Body Worlds sergisi ilk kez Los Angeles, California Bilim Merkezi'nde sergilenmiştir.

Ünlü bilim merkezlerinde daha fazla sergilerle, Body Worlds Kuzey Amerika ve ötesinde çok sayıda ziyaretçiye ilham vermiştir (www.bodyworlds.com, erişim tarihi: 05/01/2023). 2008'de, Amerikan Anatomistler Birliği, vücut bağışçılarının bilgilendirilerek onam vermiş olması koşuluyla Body Worlds sergilerini materyal temini bakımından resmen desteklemiştir (Burr, 2008). Plastinasyon tekniği başta Avrupa ve Kuzey Amerika olmak üzere hızlı bir şekilde yayılarak günümüzde dünya çapında 40 ülkede 400'den fazla laboratuvarında bilimsel araştırmalar ve eğitim amaçlı yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır.

### **1.1.2. Plastinasyon İlkeleri**

Plastinasyonun arkasındaki temel teori, devam eden doğal ayrışma sürecini durdurmaktır (Jain ve ark., 2014). Ayrışma, karmaşık organik bileşiklerin daha basit olanlara dönüştürülmesi sürecidir (Cockle ve Bell, 2017). Genel olarak ayrışma süreci, otoliz ve çürüme olmak üzere iki mekanizma ile gerçekleşmektedir (Dent ve ark., 2004; Janaway ve ark., 2009). Her iki tip de vücut sıvısı varlığında ortaya çıkmaktadır. Otoliz, başlangıçta hücrelerin içinde bulunan hidrolitik enzimlerin neden olduğu hücresel düzeyde kendi kendini imha olayıdır (Shirley ve ark., 2011). Çürüme ise mikroorganizmaların (bakteri, fungus ve protozoa) etkisiyle vücudun yumuşak dokularının tahrip edilmesidir (Dent ve ark., 2004, Janaway ve ark., 2009; Paczkowski ve Schütz, 2011). Plastinasyon sürecinde biyolojik dokulardaki sıvılar ve lipidler genellikle epoksi, silikon ve polyester polimerlerle yer değiştirir. Bu işlemin sonucunda organ sertleşerek doğal bir görünüm kazanmaktadır (Pashaei, 2010). Böylece biyolojik dokuların çürümesine neden olan ayrışma engellenmektedir. Plastine edilmiş modeller mikrobiyal ayrışma sürecine direnç gösterir ve çevre koşullarında bozulmadan kalmaktadır. Genel olarak, plastine edilmiş dokular; kuru, yapışkan olmayan, parlak, kokusuz, kimyasal içermeyen, zararsız, bir dereceye kadar esnek, anatomik oluşumların birbirinden kolayca ayırt edilebildiği bir yapıya sahiptir ve neredeyse doğal formlarını korumaktadırlar (Kumar ve ark., 2017). Kullanılan polimer türüne bağlı olarak günümüzde üç ana plastinasyon yöntemi mevcuttur. Bunlar; silikon plastinasyon, polyester plastinasyon ve epoksi plastinasyondur. Bu

yöntemlerin her birinde standart aşamalar; örnek hazırlama, örnek dehidrasyonu, zorlu impregnasyon (emdirme) ve örnek sertleştirmeyi (kürleme) içermektedir. Polyester plastinasyon ve epoksi plastinasyon aynı zamanda kesit plastinasyonu olarak da adlandırılır.

### **1.1.3. Silikon Plastinasyon**

Silikon plastinasyon, kadavralarda tüm vücut veya organ bölümleri ya da dilimleri için kullanılabilen çok yönlü bir tekniktir (DeJong ve Henry, 2007; Riederer, 2014; Sargon ve Tatar, 2014;). Örnek hazırlama, özellikle taze doku kullanıldığında, silikon plastinasyon işleminin çok önemli bir adımıdır. Örnek hazırlama süreci iyi olmayan materyallerin silikon ile impregnasyon süreci ne kadar iyi olursa olsun elde edilen plastinat istenilen kalitede olmamaktadır (Robert ve ark., 1997). Üç ana plastinasyon yöntemi arasında silikon plastinasyon, veteriner anatomide; eğitim, anatomik müze sergileri ve araştırma için en yaygın kullanılanıdır (Ekim, 2018).

#### **1.1.3.1. Örnek Hazırlama**

Plastinasyon sonrası ortaya çıkacak ürünün; son şeklini, duruşunu, anatomik doğruluğunu ve gerçeğe özdeşliğini planlamak, işleme başlamadan önce dikkate alınması gereken önemli bir aşamadır (De Jong ve Henry 2007). Silikon plastinasyon sürecinde örnek hazırlama aşamasına gerekli özenin gösterilmesi, iyi tasarlanmış ve anatomik olarak doğru plastinatların elde edilmesi ile sonuçlanır. Diseksiyon ve fiksasyon, örnek hazırlamada yer alan iki temel aşamadır. Örnekler işlenme sırasında, diseksiyondan önce veya sonra fiksatif solüsyonlar aracılığıyla tespit edilebilir. Diseksiyondan sonra fiksasyon, formalin maruziyetini azaltmak ve nihai örneğin şeklini garanti etmek için tercih edilir (Henry ve ark, 1997). Bununla birlikte, organın biyolojik tehlike riski varsa, bu tür sorunların proseksiyondan önce ele

alınması tercih edilmektedir. Fiksasyon, otolizi durdurmaya, hücre ve dokuları mümkün olduğunca doğal formlarına yakın tutmaya çalışmaktadır (Ulmer, 1994).

Fiksasyon, doku hücrelerinin hücresel yapısının ve mimarisinin korunmasına yardımcı olur. Böylece daha fazla işlem görmeyi tolere edebilirler. Ayrıca fiksasyon, proteinleri, karbonhidratları ve diğer biyoaktif bileşenleri hücreyle olan uzamsal bağlantılarında muhafaza eder (Fox ve ark., 1985). Genel olarak örnekler; fiksatif solüsyona daldırma, infiltrasyon (solüsyonun bir şırınga ve iğne yardımıyla kaslara enjekte edilmesi) veya kan damarları aracılığıyla farklı fiksatif ajanların enjeksiyonu yoluyla muhafaza edilmektedir (Grondin, 1998). Formaldehit yıllarca kapsamlı bir şekilde araştırılmış olsa da (Thavarajah ve ark., 2012) alternatif sabitleyiciler de kullanılabilir. Formalin, bitişik protein molekülleri arasında çapraz bağlar oluşturarak vücut veya organ proteinlerini daha uzun ömürlü bir maddeye dönüştürür. Çapraz bağlanma sırasında nitrojen bağları arasına metilen grupları ekler. Bu yüksek moleküllü çapraz bağlı kafesin oluşumu, su tutma yeteneğinin kaybına neden olur ve oluşum mikroorganizmayı öldürme yeteneğine sahiptir. Bu iki faktör, formalin'e ayrışmayı önleme kabiliyeti verir (Yogawisea, 2017).

Klasik örnek fiksasyonu %5 - %20 formalin ile yapılır veya tercih edilen oran kullanılabilir (Grondin, 1998; Henry ve ark., 1997). Yüksek lipid içeriği nedeniyle beyinlerin daha uzun bir süre boyunca yüksek konsantrasyonda formalin solüsyonunda tespit edilmesi tavsiye edilir. Organın büyüklüğüne ve kullanılan fiksasyon yöntemine bağlı olarak fiksasyon, 1 ila 3 hafta veya daha uzun sürebilmektedir (Grondin, 1998). Fiksasyon sırasında dikkatli olunmalıdır, çünkü kötü fikse edilmiş örnekler renk değişimine neden olabilir (Miklošova ve Mikloš, 2004). Benzer şekilde, fiksasyon süresinin uzun olması renk kaybına neden olur (Dibal ve ark., 2018). S10 plastinasyonu için fiksasyon her zaman gerekli değildir (Sargon ve Tatar, 2014). Plastinasyon sırasında organ fikse edilmemişse, doğal rengin bir kısmının korunmasına yardımcı olabilmektedir. Genellikle yabancı kimyasallar içeren fiksatifler tavsiye edilmez. Bu kimyasalların bazıları impregne karışımının sertleşmesini engelleyebilir ve/veya sertleşmeden sonra impregne edilmiş

organın yüzeyine çökebilir. Formalin, plastinasyon için en iyi fiksatifdir (von Horstet ve ark., 2019).

#### **1.1.3.2. Dehidrasyon**

Doku içinde ve dokular arasındaki sıvıların dokuyu terk edip plastinasyon silikonu ile direkt olarak yer değiştirmesi, iki sıvı arasındaki yüksek yoğunluk farkı nedeniyle mümkün değildir. Bu yer değiştirmenin sağlanabilmesi için bir ara aşama (dehidrasyon) gerekmektedir. Dehidrasyon, bir miktar yağı uzaklaştırır ve ardından örnek sıvısını organik çözücü ile değiştirir. Plastinasyon için organik çözücü olarak alkol ya da aseton kullanılabilir (Grondin, 1998; Pereira-Sampaio, 2006; Sora, 2016). Fakat aseton ara çözücü olarak da görev yaptığı için daha çok tercih edilir (Sora, 2016). Örnek hazırlandıktan sonra, sabitleme ve/veya örneği korumak için kullanılan diğer tüm kimyasallar birkaç gün boyunca akan su altında yıkanarak örnekten arındırılmalıdır (Henry ve ark., 1997; Miller ve ark., 2017). Tam yıkamadan sonra organın sıcaklığı 2 °C'ye düşürülerek sonra soğuk aseton içerisine konulur (Tiedemann ve IvicMatijas, 1988). Örnek büzülmesini en aza indirmek için dehidrasyon soğuk (-15 °C ila -25 °C) aseton içinde yapılır. Plastinasyon için standart dehidrasyon prosedürü, -25 °C'deki asetonun ikamesidir. Bu yöntem örnek büzülmesini en aza indirir, zaman kazandırır ve etanol dehidrasyonuna kıyasla daha az işçilik gerektirir. İkame sırasında, örnekler soğuk asetona daldırıldığında hemen donar ve böylece şekilleri anında stabilize olur (Sora, 2016 ve von Hagens, 1987).

Büyük örneklerde önerilen aseton oranı (1:10) genellikle pratik veya ekonomik değildir. Ancak örnekler, her zaman aseton içine tamamen daldırılmalıdır. Aseton değişimi > %99 olduğunda, dehidrasyon tamamlanır. Saflığı ölçmek için sıcaklık kalibrasyonlu bir asetonometre kullanılır ve elde edilen değer kaydedilir. Daha sonra gerektiğinde, örnekleri aktarmak için yeni %100 oranında aseton kullanılabilir. Bu prosedür, banyodaki aseton miktarı %99'un altına düşmeyene kadar tekrarlanır. Bu da organın su içeriğinin neredeyse tamamen asetonla değiştirildiğini göstermektedir (DeJong ve ark., 2007; Nader, 2019).

Örnekler artık impregne olmaya hazırdır, ancak dehidrasyon işleminden geçirilmiş numunenin yağdan arındırılması (fazla lipid giderme) çok önemlidir (Henry ve ark., 1997; Nader, 2019). Yağın uzaklaştırılabilmesi için, dehidre edilmiş örnek, bir süre aseton (veya metilen klorür) oda sıcaklığında tutulmalıdır (ancak bu işlem beyin veya sinir dokusuyla yapılmamalıdır) (Grondin, 1998; Nader, 2019; Sora, 2016).

### 1.1.3.3. Zorlu İmpregnasyon

Zorlu impregnasyon, plastinasyonun özüdür ve bir vakum tankında vakum altında yapılır (DeJong ve Henry, 2007). Zorlu impregnasyonda kullanılan impregne karışımı; silikon polimer ve bir katalizör içerir. Silikon polimer karışımını yapmak için silikon polimer (S10) ve katalizör/zincir uzatıcı (S3) birlikte karıştırılır. Yaygın olarak kullanılan silikon polimer karışımı (S10) ile katalizör/zincir uzatıcı (S3) oranı 10:1'dir (Henry ve ark., 2019; Pashaei, 2010; Von Hagens, 1987). Ancak kesit örneklerinin silikon plastinasyonu için 100:0,5 oranında silikon polimer ve katalizör kullanılmaktadır (Pendovski ve ark., 2008). Zorlu impregnasyon aşamasındaki temel prensip, çözücü buharlaşıp numuneden ayrılana kadar basıncı düşürerek çözücünün (aseton) uzaklaştırılmasıdır. Aseton, polimer karışımından daha yüksek bir buhar basıncına ve daha düşük bir kaynama noktasına sahip olduğu için, bir vakum uygulandığında buharlaşacak, polimer karışımı ise kalacaktır. Böylece polimer, buharlaşan asetonun bıraktığı boşluğu dolduracaktır (Ganguly ve ark., 2018; Pashaei, 2010; Pendovski ve ark., 2008; Von Hagens, 1987). İmpregne karışımı hazırlandıktan sonra soğuk vakum odasına konur. Çünkü polimer ile karıştırılan S3 katalizörü zaten kimyasal bir reaksiyon (moleküllerin uçtan uca bağlanması) başlatmıştır ve bu da karışımın viskozitesini artırır. Dondurucuda -15 °C ila -25 °C arasında saklandığında moleküllerin uçtan uca bağlantısı yavaş hareket eder (Henry ve ark., 2019; Sora, 2016). Daha viskoz bir silikon karışım örneğinin interstisyel ve hücresel yapıya nüfuz etmesi daha zordur. İmpregne karışımının daha viskoz hale gelmesine neden olan reaksiyon, ortam daha soğuk olduğunda (-15 santigrat dereceden daha soğuk) yavaşlar (Henry ve ark., 2019; Sora, 2016; Von Hagens, 1987).

Silikonun zorlu impregnasyonu hem oda sıcaklığında hem de daha soğukta yapılabilir. Soğuk ortam/S10/Von Hagens plastinasyon tekniği altın standarttır ve uzun yıllardır kullanılmaktadır (Henry ve ark., 2019; Starchik ve Henry, 2019). Starchik ve Henry (2019), silikon polimerine (S10) %5 - %8 çapraz bağlayıcı (S6) ekleyerek bir impregne karışımı hazırlamış ve bununla oda sıcaklığında silikon zorlu impregnasyon işlemini gerçekleştirmiştir. Sonuçta, soğuk plastinasyon yöntemiyle üretilenlerle karşılaştırılabilir kalitede numuneler elde etmişlerdir (Henry ve ark., 2019).

Zorlu impregnasyon işlemini başlatmak için dehidre edilmiş ve yağı alınmış örnekler asetonla alınır ve impregne karışımına yerleştirilir (Henry ve ark., 2019). Örnek, gece boyunca impregne karışımına konulup impregne karışımı ile dengelendikten sonra, cam kapağı kapatılır ve vakum uygulanır. Vakum basıncı, hazneye bağlı bir iğne valf ile kontrol edilir (Henry ve ark., 2019; Prasad ve ark., 2015). Bu ekstraksiyon izlenir ve polimer yüzeyinde gaz baloncukları oluşumu gözlemlenerek impregnasyon hızı ayarlanır. Çok hızlı bir aseton ekstraksiyonundan kaçınılmalıdır, çünkü örnekleri impregne etmek yerine dışarıdan basınç uygulayan çok daha viskoz polimer nedeniyle organın çökmesine neden olur. Bu durumda impregne karışımı, aseton buharının çıkabileceği kadar hızlı bir şekilde örneğe nüfuz edemez (Grondin, 1998; Grondin ve ark., 1994; Henry ve ark., 2019). Baloncuk oluşumu durduğunda ve vakum basıncı 5 mmHg'den az olduğunda tüm asetonun dokulardan çıktığı düşünülebilir. İmpregnasyon işlemi tamamlandıktan sonra pompa kapatılır ve örnekler atmosferik basınca geri döner (Grondin, 1998; Henry ve ark., 2019; Pashaei, 2010).

#### **1.1.3.4. Örnek Sertleştirme**

Son olarak, numunenin içindeki polimer sertleştirilmelidir. İmpregnasyon işlemi tamamlandığında, vakum pompası kapatılır ve ardından hazne basıncının atmosfere geri dönmesi için valf açılır. Kurlama, oda sıcaklığında yapılır. Kullanılan polimere bağlı olarak bu işlem gaz, ultraviyole ışık veya ısı ile gerçekleştirilir. Bu

durum impregne örnekler için, onların kapalı bir alan içinde gazlı bir sertleştiriciye (S6) maruz bırakılmasıyla elde edilir (DeJong ve Henry, 2007; Henry ve ark., 2019; Tianzhong ve ark., 1998; Weiglein ve Henry, 1993). Sertleştirme maddesi, polimer ile çapraz çizgileyici arasındaki reaksiyonları katalizler ve numunenin sertleşmesini sağlar. Bunun için impregne örnek, karışımdan çıkarılır ve fazla polimerin (DeJong ve Henry, 2007; Nader ve ark., 2019) ayrılabilmesi için vakum bölmesinin üzerine bir gün asılarak bekletilir. Daha sonra impregne örnekler oda sıcaklığında bir kabın içindeki ızgaraya serilmiş emici malzeme üzerine koyulur ve fazla polimer karışımını tahliye etmeye devam eder. Ardından, numunelerin yüzeyinde polimerize silikon birikimini en aza indirmek için birkaç kez silinmelidir (Henry ve ark., 2019; Pashaei, 2010).

Fazla polimer karışımı numunelerden boşaltıldıktan sonra, silikon kaplamada kullanılan iki sertleştirme yönteminden biriyle sertleştirme işlemi yapılabilir (Henry ve ark., 2019; Sora, 2016). Bunlardan ilki, gaz kürü uygulanmadan numunelerin cinsine ve boyutuna bağlı olarak 1 - 6 ay arasında oda sıcaklığında bekletildiği yavaş sertleşmedir (BioS6). Ardından yavaşça sertleşen numunelere gaz (Biodur S6) eklenir ve daha sonra sertleştirme kutusunda/plastik torbada tutulur (DeJong ve Henry, 2007; Henry ve ark., 2019; Sora, 2016). Bu yöntem daha esnek bir örnek elde edilmesini sağlar, ancak daha fazla zaman alır (Henry ve ark., 2019; Sora, 2016). İkincisi hızlı kürleme yöntemidir. Bu durumda, numunenin yüzeyine gaz (Biodur S6) uygulanır ve ardından numune bir kürleme kutusunda/plastik torbada tutulur. Duruma bağlı olarak, ilerleyen günlerde daha fazla gaz (Biodur S6) uygulanır. Gaz kürlemenin (Biodur S6) volatilizasyonu, akvaryum pompası kullanılarak ayarlanabilir. Bu yöntem 3 - 7 gün sürer, ancak büyük örnekler için bir aydan uzun olabilir. Hızlı kürleme, örnek sertliğini artırır, ancak işlem süresini kısaltır (Gómez ve ark., 2012; Henry ve ark., 2019; Sora, 2016; Weber ve Henry, 1992). Kürleme sonrası plastinat hazırdır ve uzun süre oda sıcaklığında saklanabilir (Sora, 2016).

#### 1.1.4. Polyester Plastinasyon

Polyester plastinasyon ve epoksi plastinasyon olmak üzere iki tür kesit plastinasyon vardır. Kesit plastinasyon tekniği, anatomik yapıların ilişkilerinin incelenmesini kolaylaştırmak için önemli bir araç olarak görülen bir plastinasyon yöntemidir (Pashaei, 2010). Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve ultrasonografi, kesitsel anatomi hakkında derinlemesine bilgi gerektirdiğinden, bir hekimin bu görüntüleri, kesit plastinasyonu ile plastine edilmiş hayvan ve insan dokularının karşılık gelen dilimleri ile kombine modern kesitsel görüntüleme tekniklerini kullanarak yorumlaması, olumlu sonuçların elde edilmesini sağlayabilir. Kesit plastinasyonunun kullanılmaya başlanması, modern kesitsel görüntüleme tekniklerini insan ve hayvan dokularının karşılık gelen dilimleriyle birleştirme ve karşılaştırma fırsatı sunmuştur (Entius ve ark., 2004; Leelavathy ve Ramkrishna, 2019). Kesit plastinasyonu ve klasik silikon plastinasyon teknikleri benzer temel ilkeleri kullanmaktadır.

Polyester plastinasyon yönteminde, kesitlerdeki sıvı uzaklaştırıldıktan sonra, zorla impregne edilmek üzere, sertleşebilen polyester reçineye yerleştirilmektedir. Bu yöntem, kafa, beyin, vücut kesitleri ve tüm vücut için kullanılabilir (Ezhilarasan ve Jeyanthi, 2016; Latorre ve Henry, 2007; Sargo ve Tatar, 2014). 4-8 mm'lik sinir dokusu kesitlerinin (Latorre ve Henry, 2007), 2-3 mm'lik saydam beyin kesitlerinin (Henry ve Latorre, 2007), 2-3 mm'lik yarı saydam vücut kesitlerinin (Latorre ve Henry, 2007) ve 2-3 mm'lik yarı saydam beyin kesitlerinin (Sui ve Henry, 2007) anatomik yapısını incelemek ve 3-5 mm beyin kesiti üretmek için uygun bir yöntemdir (Leelavathy ve Ramkrishna, 2019; Taghipour ve ark., 2016).

Bu yöntem için farklı tipte polyester polimerler kullanılmıştır. İlk polyester olan BIODUR® P35, 1980'lerin sonunda Von Hagens tarafından beyin kesitlerinin plastinasyonu için tanıtılmıştır (Von Hagens, 1987). Beyin kesiti üretimi için en uygun malzemedir. BIODUR® P35, 4-8 mm kalınlığında sinir dokusu kesitlerinin oluşturulması için kullanılır ve beyaz ve gri maddeyi net bir şekilde ayırt edebilmektedir (Henry ve Latorre, 2007). BIODUR® p40, P35'in bazı zorluklarının

üstesinden gelmek için 1990 yılının ortalarında piyasaya sürülmüştür. P35'ten daha ince beyin kesitleri (2-3 mm saydam) oluşturmak için kullanılır, ancak beyaz ve gri maddeyi ayırt etmede p35 kadar iyi değildir (Henry ve Latorre, 2007). Ayrıca 2-3 mm'lik yarı saydam gövde kesiti oluşturmak için de kullanılabilir (Latorre ve Henry, 2007; Latorre ve ark., 2004). Diğer polyester polimer ise 2003 yılında Hongjin Sui tarafından icat edilen ve 2006 yılında Çin'de patenti alınan P45'tir. Bu polimer 2-3 mm'lik yarı saydam beyin kesitlerinin ve ayrıca vücut kesitlerinin üretiminde kullanılmaktadır (Sui ve Henry, 2007; Sui ve Henry, 2015). Çeşitli kesit plastinasyon teknikleri için aşamalar benzerdir. Ancak, P45 açık dikey hazne tekniği kullanırken, P35 ve P40 düz hazne tekniği kullanır. Diğerlerinden farklı olarak, P45 tekniği kütleme için ılık su kullanır, bu da teknikler arasındaki bir başka farktır (Okoye ve Sui, 2019). TP160 polyester polimer yakın zamanlarda polyester plastinasyon için kullanılmaktadır. TP160 polyester polimer, tiksotropik olmayan, hızlandırıcı ihtiva etmeyen, yüksek reaktif, orta viskoziteli, ortoftalik esaslı bir doymamış polyester reçinedir. TP160, son derece berrak bir renge ve şeffaflığa sahiptir. TP160, granül parçacıklar ile kullanım için özel olarak tasarlanmıştır.

#### **1.1.4.1. Örnek Hazırlama**

Beyin kesit plastinasyonunda, büzülmeyi önlemek ve dilimlemeyi kolaylaştıracak kadar sertleşme için beyinler birkaç ay boyunca %10-20 formaldehit içinde tespit edilir (Latorre ve Henry, 2007; Ogaili ve ark., 2018; Sargo ve Tatar, 2014). Beyin uygun bir kaba konur ve üzeri ılık %20 jelatin solüsyonu ile kapatılır. Daha sonra kesitlere ayrılmadan önce soğumaya ve sertleşmeye bırakılır. Jelatin sertleştikten sonra beyin (jelatin blok) kaptan çıkarılır ve seçilen kesit düzlemi ve kalınlığına göre bir şarküteri dilimleyici kullanılarak bölümlere ayrılır. Dış çevresinde sertleşmiş olan jelatin fiziksel olarak çıkarılır. Aseton ve polyesterin kolayca nüfuz etmesini sağlamak için her kesit ızgaralar arasına yerleştirilir. Kullanımı kolaylaştırmak için bir demet haline getirilir ve dehidrasyon için ilk aseton banyosuna konur (Henry ve Latorre, 2007).

Polyester yöntemi ile vücut kesit plastinasyonunda ideal olan taze dokudu olduğu için fiksasyon tercih edilmez. Seçilen örnek uygun ve istenen anatomik pozisyonda konumlandırılır. Sonrasında ultra soğuk derin dondurucuda dondurulur (-80°C'de en az 2 gün) (Henry ve Latorre, 2007; Ogaili ve ark., 2018; Sargo ve Tatar, 2014). Ancak biyolojik etkenlerden zarar görebilecek örnekler formalin içine konulmalıdır. Dokuyu kesmek için bir şerit testere kullanılır. Kılavuz durdurucu ve testere, numuneyi çözdürmeden düzgün dilimler elde etmek için soğuk olmalıdır. Buz blokları içeren metal bir kap veya kuru buz ve alkol içeren bir kap soğutma sistemi olarak kullanılabilir. Organ, istenilen kesit düzleminde testereye yerleştirilir, kılavuz durdurucu istenilen kalınlığa ayarlanır ve kesitler arasında organ 180 derece döndürülerek seri kesitler alınır (Latorre ve Henry, 2007). Kesilen örnekler dehidrasyon için ilk aseton banyosuna konur (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007). Kesitler soğuk asetona yerleştirilmeden, dehidrasyon ve yağdan arındırma işlemine geçmeden önce, buz kristallerinin oluşmasını ve büzülmeyi önlemek için 5 °C'de soğutulur (Ogaili ve ark., 2018; Sargo ve Tatar, 2014).

#### **1.1.4.2. Dehidrasyon**

-25 °C asetonunda dondurarak süstitüsyon (yer değiştirme), tüm plastinasyon yöntemlerinde dehidrasyon için standart prosedürdür (Brown ve ark., 2002; Von Hagens, 1987). Asetonun oda sıcaklığında çok hızlı buharlaşmasından dolayı örneklerle uygulanan aseton banyoları -25 °C'deki derin dondurucuda gerçekleştirilir. Beyin kesit plastinasyonu için, diseke edilen beyinler fazla formalin içeriğini gidermek için 24-48 saat süreyle akan suda yıkanır ve ardından buz kristali oluşumunu önlemek ve soğuk asetona verilirken büzülmeyi en aza indirmek için 5 °C'ye soğutulur (Ezhilarasan ve Jeyanthi, 2016; Gao ve ark., 2006). Izgaraları üzerinde temizlenmiş kesit soğuk asetona (-25 °C) daldırılır. Bu aşamada üç aseton değişimi gerekmektedir. Kesitler yüzdürme kabiliyeti olmadan asetona daldırılmalıdır. İstiflenmiş ızgaralar ve dilimler demetler halinde birbirine bağlanabilir veya bir sepete konulabilir. Böylece bir aseton banyosundan diğerine

veya imregne karışıma kolayca taşınabilirler (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007).

Her aseton banyosunda iki veya üç gün kaldıktan sonra aseton banyosu karıştırılarak saflık, bir asetonometre ile kontrol edilir. Aseton sıcaklığı, asetonometrenin sıcaklık kalibrasyonu ile eşleşmelidir. Üçüncü aseton banyosundaki aseton konsantrasyonu %99'dan fazlaysa, dehidrasyonun tamamlandığı kabul edilebilmektedir (Ezhilarasan ve ark., 2017; Henry ve Latorre, 2007; Gao ve ark., 2006).

Sinir dokusu, özellikle de beyinler için yağ giderme işlemi önerilmemektedir. Vücut dilimlerinin polyester plastinasyonu sırasında yağdan arındırma önemlidir. Bu kapsamda vücut dilimleri oda sıcaklığında bir hafta boyunca %100 aseton kullanılarak yağdan arındırılabilir (Sargo ve Tatar, 2014; Ogaili ve ark., 2018). Yağdan arındırmak için, suyu alınmış vücut dilimlerini içeren son aseton banyosu dondurucudan çıkarılmalı ve bir ila üç hafta boyunca oda sıcaklığında bırakılmalıdır. Asetonun rengindeki değişim, yağdan arındırma için bir gösterge olarak görülmektedir. Yağ dokudan ayrıldıkça, asetonun rengi berraktan sarıya dönüşecektir. Sarı renk yoğunlaştığında örnekler yeni bir banyoya aktarılmalıdır. Daha fazla yağ giderme gerekiyorsa örnekler 1-2 gün boyunca oda sıcaklığında metilen klorür banyosuna alınabilir (Baptista ve ark., 2019; Ogaili ve ark., 2018; Sargo ve Tatar, 2014).

#### **1.1.4.3. Zorlu İmpregnasyon**

Zorlu impregnasyon işleminde, aseton ve reçine arasındaki buhar basıncı farkı, reçinenin, çözücünün yerini almasını sağlamaktadır. Plastinasyon için orijinal protokole göre, polimerin sertleşmesini ve örneğin büzülmesini önlemek için vakumla zorlu impregnasyon derin dondurucu içinde düşük sıcaklıklarda yapılmalıdır. Polyester plastinasyonda, zorlu impregnasyonun genellikle oda sıcaklığında yapılmasına rağmen, soğuk ortamda da yapılabilmektedir (Ezhilarasan

ve ark., 2017; Ezhilarasan ve Jeyanthi, 2016; Gao ve ark., 2006; Henry ve Latorre, 2007).

Polyester plastinasyon için vakum zorlu impregnasyon teknikleri, reçine veya polimer türüne bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. BIODUR® P35 reçinesinde, kurutulmuş kesit son aseton banyosundan çıkarılır ve impregnasyon için hazır hale getiren bir daldırma işlemine tabi tutulur. Bu daldırma işlemi üç aşamalıdır. İlk olarak, kurutulmuş kesit, P35 ve A9 (katalizör) karıştırılarak hazırlanan önceden soğutulmuş (seçilen sıcaklığa kadar) bir daldırma karışımı içeren ilk daldırma banyosuna yerleştirilir. Beyin demeti dilimleri bir gün boyunca ilk daldırma banyosuna bırakılır. Aynı şey yeni daldırma karışımı ile ikinci daldırma banyosu için de uygulanır. İkinci daldırma banyosundaki kesit, 3. daldırma banyosuna (yine yeni bir daldırma karışımı ile) aktarıldıktan sonra, vakum zorlu impregnasyon işlemi başlamaktadır (Henry ve Latorre, 2007; Gao ve ark., 2006; Weber ve ark., 2007).

BIODUR® P40 reçinesi söz konusu olduğunda, asetondan çıkarılan dilimler doğrudan aktivatör (A4) ile karıştırılmış veya karıştırılmamış P40 reçinesi içeren bir polyester impregne banyosuna daldırılır. Vakum uygulamadan önce kesit bir gece boyunca polyester impregne banyosunda bırakılır. Bu işlem, kesitin, reçinenin ve asetonun dengelenmesini sağlamaktadır (Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007). BIODUR® P35 ve P40'ın aksine, P45'teki (Hoffen polyester) kurutulmuş kesit, son aseton banyosundan çıkarılır ve hazırlanan döküm odasına (açık bir dikey oda) yerleştirilir. Bu adımda kullanılan döküm haznesi açık dikey bir haznedir. Haznenin üst kısmı açık kalır ve diğer taraflar kelepçelenir. Hazne iki adet temperli cam plakadan yapılmıştır. Temperli camın arasına, üst tarafı açık bırakarak üç kenara lateks boru yerleştirilir. Daha sonra iki kenar ve alt kenar geri katlama kelepçeleri ile sıkıştırılır. Dilimler döküm odasında bekletildikten sonra, 1000 ml P45 reçinesi (Hoffen polyester, Çin) ile 10 g P45A, 30 ml P45B ve 5 g P45C karıştırılarak hazırlanmış olan impregne karışımı bir huni kullanılarak P45 polyester reçine karışımı ile doldurulur. Bu aşamada kullanılan P45A ve P45C plastikleştirici, P45B ise sertleştiricidir. Daha sonra, açık dikey hazneler oda sıcaklığında impregne

edilmek üzere vakum haznesine dik olarak yerleştirilir (Okoye ve Sui, 2019; Sui ve Henry, 2007).

Kesit, impregasyon için hazır olduktan sonra vakum pompası başlar. Vakum pompasını çalıştırmadan önce tamponun ısıtılması tercih edilir. Basınç 220 mm Hg'ye ulaştığında aseton buharlaşmaya başlar. UV ışığı polimer için bir aktivatör veya katalizör görevi gördüğünden reçine ve kesit karanlıkta tutulmalıdır. Işığı engellemek için vakum odası kapalı tutulur (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007; Okoye ve Sui, 2019). Polimer yüzeyindeki çözücü kabarcıklanma yavaşladığında ve basınç 10 mm Hg (altına düşmemelidir) (Baptista ve ark., 2019), oda sıcaklığında 10 mm, soğuk sıcaklıkta 1-2 mm (Latorre ve Henry, 2007; Weber ve ark., 2007) ve 0 mm (Sui ve Henry, 2007 ve Okoye ve Sui, 2019) olduğunda, emdirme tamamlanmış sayılır.

#### **1.1.4.4. Döküm Haznelerinin İnşası ve Örnek Sertleştirme**

İmpregnasyon işlemi tamamlandığında vakum pompası kapatılır ve ardından baypas valfi açılarak vakumlama tankının basıncının atmosfere dönmesi sağlanır. Kürleme, kullanılan polimere bağlı olarak ultraviyole ışık veya ısı ile gerçekleştirilir. Kürleme için impregne edilmiş örnekler hazne inşa etmek ilk adımdır. İmpregnasyon işleminden sonra kesitin dökümü için kesit etrafına düz hazne inşa etmek (yatay hazne yöntemi) ve kesitin hazneye daha sonra yerleştirilmesi için hazne inşa etmek (dikey hazne yöntemi) iki yöntem vardır (Baptista ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007; Sui ve Henry, 2007).

Bir kesit etrafında düz bir hazne oluşturmak: Burada impregne edilmiş örneklerin fazla reçinesi temizlenir ve ardından camın ortasına yerleştirilir. Silikon hortum alt kenar boyunca (alttan 2 cm yukarıya), 2/3 bir tarafa (sağ) ve 1/3 diğer tarafa (sol) yerleştirilir. Daha sonra silikon hortumun ucu kenarlardan yukarı doğru devam etmeli ve köşede 90 derecelik keskin bir kıvrım bırakarak kenardan yine 2 cm uzanmalıdır. Silikon hortumun üzerine her iki tarafa 2 yan kelepçe yerleştirilir. Geri

katlama kelepçeleri silikon hortumun üzerine gelecek şekilde alt camın kenarı boyunca yerleştirilir. Yanlara ve tabana gerektiği kadar kelepçe eklenir. Kelepçeler doğrudan silikon hortumun üzerine yerleştirilir. Üst kısım, fazla hortum her iki tarafa sarkacak şekilde açık bırakılır. Ardından, alt kelepçe kolları camın üzerine katlanır ve örnek içeren cam hazneyi, açık üst kısmı yukarı bakacak şekilde dikey olarak tutulur. Polyester karışımını doldurmak için bir huni kullanılır. Silikon hortumun uzun ucu, polyester karışımları ekledikten sonra üst kenardan 2-3 cm uzaklığa kadar üst kısmı kapatmak için kullanılır. Daha sonra silikon hortumun her iki taraftaki ucu sızdırmazlık maddesi ile kapatılır (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007).

Dikey hazne yönteminde hazne oluşturulduktan sonra  $\frac{3}{4}$  oranında polyester karışımı ile doldurulur ve yukarı doğru çevirilir. Kesit; üst açıklıktan yerleştirilir. Hazne, dikey olarak veya hafif bir açı oluşturacak şekilde yerleştirilir. Üstten 2-3 cm içeriye kadar polimer ile doldurulur ve silikon hortum her iki taraftan kapatılır (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007; Sargo ve Tatar, 2014). Özellikle BIODUR® polyester malzemeler için ışıkla kürlenme durumunda, düz haznenin 15 cm üstüne ve altına iki adet 40 watt UVA ışığı yerleştirilir. UVA lambalarının watt gücüne ve mesafesine bağlı olarak, en az bir saat kürlenme yapmak en iyisidir. Işığa maruz kalma sırasında, haznenin her iki tarafı da vantilatörlerle veya cam haznenin her iki tarafına basınçlı hava pompalanarak soğutulmalıdır. Özellikle gri madde veya kalın dokularda aşırı ısı, kırmızımsı-turuncu renkte alanlar oluşturabilmektedir (Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007).

P45 reçine (Hoffen polyester) ile impregne edilmiş dilimlerin kürlenmesi, aşağıda açıklandığı gibi BIODUR® ürünlerinden (P35 ve P40) biraz farklıdır: İmpregnasyon işleminin ardından vakum odasının basıncı boşaltılır ve döküm odaları hareket ettirilir. Bu aşamada hava kabarcığı kalmamalı ve açık dikey odadaki dilimler doğru yerde olmalıdır. Döküm odaları kürlenme odasını 40 °C'de tutan ve suyun sıcaklık dengesini korumak için küçük bir sirkülasyon pompası takılı olan ılık bir su banyosuna yerleştirilir ve üç gün boyunca ılık su banyosunda tutulur (Okoye

ve Sui, 2019; Sui ve Henry, 2007). Sertleşme tamamlandıktan ve cam hazne söküldükten sonra, döküm dilimleri folyo ile sarılır ve ardından fazla miktarda kürlenmiş reçine şerit testere kullanılarak kesilir (Latorre ve Henry, 2007).

Epoksi (E12 prosedürü) ilk kez 1979 yılında Von Hagens tarafından tanıtılmıştır (Hagens, 1985). Epoksi reçineler; ince, saydam vücut veya organ kesitleri için kullanılır. Bugüne kadar, epoksi plastinasyon yöntemi kullanılarak 2-3 mm (Latorre ve ark., 2019), 2-5 mm (Sora ve Cook, 2007), 0,8 mm (Steinke, 2001), 0,25 mm (Ottone, 2020), 0,3 mm (Dominic ve ark., 2022) ve 0,01 mm (Sittel ve ark., 1997) dahil olmak üzere farklı kalınlıklarda vücut veya organ kesitlerinden epoksi plastinasyon yapılmıştır. Bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi modern görüntüleme teknikleri hastalıkların tanısında kullanılmaktadır (Donoso, 2009). Modern görüntüleme yöntemleri epoksi plastinasyon prosedürü kullanılarak yorumlanabilmektedir (Latorre ve ark., 2019; Thomas ve Steinke, 2004). Epoksi plastinasyon ile vücudun farklı yapılarının ve bölümlerinin morfometrik özellikleri incelenebilir. Dolayısıyla morfolojik araştırmalarda kullanılabilir (Eckel ve ark., 1993; Sora ve ark., 2004). Polyester ve epoksi plastinasyon için temel prosedür aynıdır. Örnekler -70 ila -75 °C'de dondurulmalıdır. Tam donmayı sağlamak için kesit, 7-10 gün boyunca bu sıcaklıkta tutulur. Tamamen donduktan sonra örnekler bir kasap testere bandı ile kesilir. Örneklerin üzerinde artefaktları önlemek için yüzeydeki partiküllerin temizlenmesi gerekir. Bundan sonra dilimler 25 °C'de aseton içinde kurutulur (Gao ve ark., 2006; Sargo ve Tatar, 2014). Bu yaklaşımdaki kilit aşama soğuk dehidrasyondur. Dehidrasyon banyosunun nihai aseton konsantrasyonu, üstün kalitede yarı saydam dilimler üretmek için %99'dan fazla olmalıdır. Daha yüksek lipid içerikli örnekler, metil klorür gibi daha güçlü bir dehidrasyon maddesi gerektirir (Johnson ve Zhang, 2002). Ayrıca, optimum saydamlık elde etmek için dilimlerin yağsız olması gerekir. Bu işlem ya ek aseton banyoları kullanılarak ya da metilen klorür (diklorometan) kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilir. Metilen klorür tehlikeli bir madde olduğu için bir çeker ocak altında kullanılmalıdır. Latorre ve ark. (2019), merkezi sinir sistemine ait örneklerin yağdan arındırılmasının büzölmelerine neden olacağını söylemektedir.

Sandviç yöntemi ve düz hazne yöntemi kürlleme için iki yöntemdir. Düz hazne yönteminde dilimler cam, düz hazneye yerleştirilir. 3-4 mm kalınlığında cam plakaları, uygun çapta bir silikon hortum ve düz hazneleri oluşturmak için geri katlamalı kelepçeler kullanılır (Ottone ve ark., 2016; Sargo ve Tatar, 2014; Sora ve ark., 2002). Düzgün yerleştirmeden sonra epoksi reçine hazneye dökülür. Hazne kapatılmadan önce tüm hava kabarcıkları giderilmelidir. Önce örnekler, 24-48 saat boyunca 15 °C'de tutulur ve ardından 4 gün boyunca 45 °C'de fırına yerleştirilir (Ottone ve ark., 2016; Sui ve Henry, 2007). Sandviç yaklaşımı öncekinden daha hızlıdır. Bu yöntemde, impregne edilmiş kesit bir folyo tabakası üzerinde tutulan havası alınmış döküm karışımı havuzunun üzerinde yüzdürülür. Spatula kullanarak, daha fazla folyo ile kaplamadan önce döküm karışımı kesite eklenir. Hava kabarcıklarından kurtulmak için basınç kullanılır ve basıncı korumak için üstüne bir cam levha yerleştirilir. Daha sonra folyo sandviç modeli ters çevrilir ve bir spatula ile folyo sıkılarak dilimin bu tarafındaki hava çıkarılır. Kürlleme için ilave kesit varlığında, üç folyo sandviç bir araya getirilir ve üstüne bir cam plaka yerleştirilir. Kürlleme için üçten fazla kesit hazırlanırsa, aynı işleme camın üstünde tekrar başlanır. Sandviç blok bir gün boyunca oda sıcaklığında ve ardından 45 °C'de dört gün boyunca fırında bekletilir (Ottone ve ark., 2016; Sargo ve Tatar, 2014; Sora ve Cook, 2007; Sora ve ark., 2002).

## **1.2. Encephalon (Beyin)**

Sinir sistemi, bir organizmanın veya parçalarının hem iç hem de dış uyarılara yanıt vermesini kolaylaştıran bir iletişim ağıdır. Sinir sisteminin iki bölümü vardır: periferik sinir sistemi (PSS) ve merkezi sinir sistemi (MSS). Vücut ile merkezi sinir sistemi arasındaki bağlantılar, çevresel sinir sistemini oluşturan sinirler tarafından yapılır. Merkezi sinir sistemi, beyin ve omurilikten oluşur. Vertebral kanal (spinal kanal – canalis vertebralis) omuriliği içerir ve medulla oblongata'dan conus medullaris'e kadar uzanır (Aspinall ve Cappello, 2020; Dar ve ark., 2015; König ve Liebich, 2020). Encephalon (beyin), cavum cranii'de yerleşen ve meninges adı verilen koruyucu tabakalar tarafından sarılan bir yapıdır. Encephalon, vücudun kontrol organıdır ve nörolojik sistemin geri kalanının düzenlenmesinden,

koordinasyonundan ve entegrasyonundan sorumludur (König ve Liebich, 2020). Yetişkin sığırlar daha ince ve uzun bir beyin morfolojisine sahiptir. Encephalon üç farklı bölümden oluşur: ön beyin (prosencephalon), orta beyin (mesencephalon) ve arka beyin (rhombencephalon) (Aspinall ve Cappella, 2020; Igarashi ve Kamiya, 1972).

### 1.2.1. Meninges

Merkezi sinir steminin membranöz örtüsünden bahsederken, meninges terimi ilk olarak M.Ö. üçüncü yüzyılda Adeeb ve ark. (2012) tarafından kullanılmıştır. Meninges, merkezi sinir sistemini çevreleyen zarlardır. Koruyucu bir görev üstlenirler ve normal beyin ve omurilik gelişimi için gereklidirler. Meninges'i oluşturan üç doku katmanı vardır: dura mater, arachnoidea ve pia mater.

Meninges'in en dış tabakası olan dura mater (ektomeninks) üç bağ doku tabakasının en kalın ve en yoğun olanıdır. Bu tabaka beyni mekanik stres ve enfeksiyondan koruduğu için oldukça önemlidir (Aspelund ve ark., 2015; Batarfi ve ark., 2017; Clarke, 1944 ve Dando ve ark., 2014). Beyini saran dura mater encephali geride dura mater spinalis ile devam eder. Dura mater, orbita'nın periosteum tabakası ve kafatasının sutura'ları aracılığıyla pericranium'a bağlanır (Batarfi ve ark., 2017; Clarke, 1944). Dura mater iki tabakadan oluşur; endosteum (lamina externa) olarak adlandırılan dış katman daha fazla sayıda hücre ve kan damarı içerdiği için , daha kalındır. Medulla spinalis düzeyinde, alt tabaka ile arasında bir boşluk bulunur (Aspelund ve ark., 2015; Dando ve ark., 2014). İçte yer alan meningeal tabaka (dura mater proprium – lamina interna), dura mater'in ikinci tabakasıdır. Cavum cranii'de damar sinüsleri ve dural dublikatörler dışında endosteal tabakaya iyice bağlanır. Foramen magnum'da dura mater spinalis ile birleşir (Greenberg ve ark., 1994; Patel ve ark., 2009). Dural venöz sinüsler, dura mater'in iki tabakası arasında yer alır. Kafatasının venöz kanının toplanmasından sorumludurlar. Dura mater'in meningeal tabakası kendi üzerine doğru katlanarak üç ana dublikatör oluşturur. Bu yansımalar kafatası boşluğuna doğru çıkıntı yapar ve böylece her biri beynin bir alt kümesini

barındıran çoklu bölmelerin ortaya çıkmasına neden olur. Dura mater dublikatörlerinden falx cerebri, hemispherium'ların arasına girer. Tentorium cerebelli membranaceum, cerebellum ile cerebrum (lobus occipitalis'ler) arasında yer alır. Diaphragma sellae, os sphenoidale'nin fossa hypophysialis'ini çevreler. Hipofiz bezi sapının geçişi için küçük bir delik içerir (Aspelund ve ark., 2015; Clarke, 1944; Dando ve ark., 2014; König ve Liebich, 2020).

Arachnoidea, beyin omurilik sıvısının (BOS) içinden aktığı bir ağ oluşturmak için aşağıdaki pia mater'e bağlanan trabekül adı verilen küçük iplikçiklere sahip bir bağ dokusu tabakasıdır. Kendi sınırları veya kan kaynağı yoktur, bu nedenle tüm metabolik ihtiyaçları için BOS'a bağlıdır. Arachnoidea'da oluşan granülasyonlar dura mater'e doğru uzanır. Bu da cranial ve spinal venöz sinüslerde mikroskobik çıkıntılar (granulationes arachnoideales) oluşturur ki bunlar BOS'un kan dolaşımına geri dönmesi için önemli yollardır (Kapoor ve ark., 2008). Pia mater, cavum subarachnoidale'nin altında yer alır. Son derece incedir ve beyin ve omuriliğin yüzeyine sıkıca bağlıdır. Beynin dış hatlarını (gyri ve sulci) takip eden tek kaplamadır. Dura mater'e benzer şekilde, altındaki beyin dokusunu beslemek için, kan damarları ile oldukça iyi vaskülarize olmuştur (Standring ve ark., 2005). Plexus choroideus'lar, ventriküllere giden epitel hücrelerle kaplı vaskülarize pia mater çıkıntılarıdır. Bunların görevi beyin omurilik sıvısı (liquor cerebrospinalis) salgılamaktır.

### **1.2.2. Prosencephalon**

Ön beyin olarak da adlandırılan prosencephalon, beynin en rostral kısmıdır ve telencephalon ve diencephalon olmak üzere iki bölüme ayrılır. Telencephalon, beynin en büyük bölümüdür ve cerebrum olarak da bilinir. Beynin hemispherium'larının yanı sıra cortex cerebri ve altında yer alan çeşitli diğer yapıları içerir (Igarashi ve Kamiya, 1972; Schmidt ve ark., 2009). Hemispherium'lar orta hat boyunca birbirlerine oldukça yakındırlar ve her biri ventriculus lateralis adı verilen büyük bir boşluk içerir. Sinir sistemi nöronlarının neredeyse büyük bir kısmı, sağ ve sol

cerebral hemispherlerden oluşan ve ön beynin büyük bir kısmını kaplayan cerebrum'da bulunur (Aspinal ve Cappelo, 2020; Oto ve Hazirolu, 2009).

Corpus callosum, beynin iki yarım küresini aralarında enlemesine hareket eden sinir lifleri vasıtasıyla birbirine bağlayan bir beyaz madde yoludur. Ventriculus tertius, beyin omurilik sıvısı barındırır ve beynin ventriküler sisteminin bir parçasıdır. Hemispherium'lardaki gyri (kabartılar) ve sulci (sığ oluklar) yüzeyleri, küçük kafatası boşluğu içinde geniş bir yüzey alanı oluşmasına ve BOS'taki besinlerin beyin dokusunun derinliklerinde bulunan nöronların hücre gövdelerine ulaşmasına izin verir. Birçok kaynağa göre (Aspinal ve Cappelo, 2020; König ve Liebich, 2020), telencephalon çoğunlukla üç bölgeden oluşur: serebral korteks, bazal ganglion'lar ve limbik sistem.

Nasıl geliştiğine ve nasıl görüldüğüne bağlı olarak, cerebral cortex üç bölüme ayrılabilir. Bunlar archipallium, paleopallium ve neopallium'dur. Hippocampus ve corpus callosum archipallium'u oluşturur. Corpus callosum, cerebral cortex'in lateral ventrikül içine yuvarlanmış bir parçası olan ve beynin dışından görülemeyen bir iç gyrus'tur. Paleopallium adı verilen koku alma sistemi, bulbus olfactorius, pedunculus cerebri ve lobus piriformis'ten oluşur. Hayvan evriminde bunlar cerebrum'un en ilkel kısımlarıdır. Neopallium daha yeni bir evrimsel beyin bölümüdür ve cerebrum'un tüm gyrus'larının yüzeyini oluşturur. Karşılaştırmalı evrimsel çalışmalar, büyük hayvanlarda neopallium'un sürekli gelişimini göstermekte, archipallium ve paleopallium'u anatomik olarak daha küçük bir kısma indirgemektedir (Aspinal ve Cappelo, 2020; König ve Liebich, 2020; de Lahunta ve ark., 2020).

Paleopallium olarak adlandırılan koku alma sistemi, bulbus olfactorius, pedunculus cerebri ve lobus piriformis'ten oluşur. Memeliler arasında, koku alma sisteminin nasıl geliştiği konusunda geniş bir farklılık vardır. Köpeklerde görülen dar, dik bulbus'ların aksine, geniş getiren hayvanların koku alma yapıları geniş ve kompakttır. Köpekler makrosmatik bir türdür, çünkü koku alma duyuları hem fonksiyon hem de yapısal olarak çok iyi gelişmiştir. Diğer memelilerle

karşılaştırıldığında, primatların koku alma duyusu çok zayıftır ve dolayısıyla mikrosmatik canlılardır. Sadece koku bulbus'larının oranlarına bakarak bile durumun böyle olduğu söylenebilmektedir. Diğer evcil hayvanların aksine, insanlarda ve primatlarda bulbus olfactorius küçüktür (Schmidt ve ark., 2009; William ve ark., 2009).

Bulbus olfactorius, bazaldeki pedunculus olfactorius'un her iki tarafında açıkça görülebilen tractus olfactorius medialis ve lateralis'i oluşturur. Caudal yönde ilerlerken, tractus olfactorius lateralis'ler dışa yönelir ve her biri ilgili lobus piriformis'e bağlanır. Caudal'de, piriform lob izointens corpus amigdaloidum ile devamlılık gösterir. Tractus olfactorius medialis, corpus callosum'un genus'unun altında ve septum pellucidum'un rostral'inde bulunan septal alana uzanır. Neredeyse tüm uzunluğu boyunca septal alan, ventriculus lateralis'in anterior medioventral duvarını temsil eder. Tractus olfactorius medialis ve lateralis arasında, substantia perforata rostralis'in önünde trigonum olfactorium adı verilen üçgen şeklinde küçük bir alan vardır. Substantia perforata rostralis ile olan sınırındaki oluğa sulcus limitans trigoni olfactorii, gyrus olfactorius lateralis ile olan sınırındaki oluğa da sulcus endorhinalis adı verilir (Aspinal ve Cappelo, 2020; Schmidt ve ark., 2009; William ve ark., 2009).

Omurgalılar, kokuları ve feromonları algılamak için duyu nöronları üzerindeki özelleşmiş hücre yüzeyi reseptörleri ile çalışan bir koku alma sistemine sahiptir. Havadaki kimyasallar, burun yoluyla spesifik olarak algılanır ve bu bilgi nervus olfactorius yoluyla beyne iletilir. Koku alma sisteminin özel kemoreseptörü, burnun arka kısmında yer alan burun mukozasının koku alma epitelinde bulunan bipolar nöronudur. Bu öncelikle os ethmoidale'yi kaplayan nazal mukozadır. Altı ila sekiz uzun silya, koku alma hücrelerinin tepesinden çıkar ve koku alma epitelinin yüzeyindeki salgılarda bulunur. Burada salgılarda çözünmüş kimyasal maddeler tarafından uyarılırlar. Miyelinsiz akson, hücre gövdesinden nazal mukozanın bağ dokusuna doğru caudal olarak ilerler ve diğer olfactor axon'larla birleşerek nervus olfactorius oluşturur. Bu sinirler ethmoid kemiğin lamina cribrosa'sının foramina'sından geçerek komşu bulbus olfactorius'a ulaşır. Burada, nervus

olfactorius'un telodendria'sı glomerüllerde püsküllü hücreler ve mitral hücrelerin dendritik bölgeleri ile sinaps yapar (De Lahunta ve ark., 2020; Suman and Pandya, 2018; William ve ark., 2015).

Bulbus olfactorius'un püsküllü hücreleri ve mitral hücrelerinin axon'ları pedunculus olfactorius yüzeyinde, sonra da tractus olfactorius medialis veya lateralis'te caudal'e doğru devam eder. Tractus olfactorius lateralis, lobus piriformis'i kaplayan cortex'de sonlanır. Sinapslar, pedunculus olfactorius cortex'indeki veya olfactor tuberculum'daki nöronlarla oluşabilir. İkincisi, tractus olfactorius medial veya lateral arasında bulunan bir çekirdektir. Merkezi koku projeksiyonlarının çoğu ipsilateral ve thalamic bir çekirdek aracılığıyla bir rolü olmaksızın lobus piriformis'in cortex'ine projekte olur. Bu, cortical projeksiyon için spesifik bir thalamic çekirdeğe sahip olmayan tek duyuşal sistemdir (De Lahunta ve ark., 2020; Suman ve Pandya, 2018; William ve ark., 2009).

Neopallium, archipallium ve paleopallium arasında yer alır. Archipallium'dan corpus callosum'un splenium'u ile, paleopallium'dan ise yan sınırındaki sulcus rhinalis ile ayrılır. Frontal, parietal, occipital ve temporal loblar neopallium'u oluşturur. Dört lob, üstteki kafatası kemiklerine atıfta bulunularak adlandırılmıştır. Neopallium son derece kıvrımlıdır, bu da yüzeyinin mimarisini son derece karmaşık hale getirir. Ayrıca, sulcus'ların uzunlukları ve derinlikleri ile gyrus'ların şekilleri ve boyutları, anatomik görünümleri açısından çok heterojendir (Lang ve ark., 2018; Louw, 1989; Danko, 1991).

Tüm evcil hayvanlar bu özelliğe sahiptir, ancak laboratuvar hayvanları ve kuşların cerebral kortekslerinde gyrus yoktur. Bunlar katlanmış bir neopallium'a sahiptir (Ciliga, 1968; de Lahunta ve ark., 2020; Lang ve ark., 2018; William ve ark., 2009). Sığırdaki aşağıdaki sulci ve gyrus'lar tanımlanmıştır: Fissura sylvia, sulcus rhinalis lateralis, sulcus suprasylvius, sulcus cinguli, sulcus splenialis, sulcus genualis, sulcus corporis callosi, sulcus ectosylvius, sulcus marginalis, sulcus presylvius, sulcus coronalis, sulcus cruciatus, sulcus ansatus, sulcus endomarginalis,

sulcus ectomarginalis, sulcus suprasplenialis, sulcus endosplenialis, sulcus calcarinus, sulcus endogenualis ve sulcus rhinalis medialis (Danko, 1991; Louw, 1989).

Archipallium, corpus callosum'un ventral'i ile sulcus splenius dorsalis arasında yer alır ve cerebrum yüzeyinde görülmez. En yaygın olarak sırasıyla kokuların işlenmesinden ve anıların oluşturulmasından sorumlu olan cortex olfactorius ve hippocampus'tan oluşur. Hippocampus, archipallium'un ventrolateral cornu ammonis'inde bulunur (Chauhan ve ark., 2021; de Lahunta ve ark., 2020).

Hippocampus, temporal lob'un ortasında yer alan uzun, yuvarlak bir yapıdır. Lateral ventrikülün tabanında kabartı oluşturur. Gyrus dentatus, cornu ammonis ve subiculum, hippocampus'un archicortex'ini oluşturur. Hippocampus, adını, kaba bir fiziksel incelemede anlaşılabileceği gibi, deniz atı'na benzemesinden alır. Hippocampus'un C şeklindeki koronal kısmı koç boynuzunu andırır, bu nedenle hippocampus'un bu bölümü pes hippocampi (cornu ammonis) "Ammon'un boynuzu" olarak isimlendirilir. Hippocampus'un ventriküler yüzeyi ince bir beyaz madde tabakası olan alveus ile kaplıdır. Commissura hippocampi, crus fornicis'i caudal uçlarında birleştiren dar bir yapıdır. Bu komissür, beynin her iki yarım küresinin archipallium yapılarını birbirine bağlar (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020; Oto ve Hazirolu, 2009).

Corpus callosum üç bölümden oluşur: genu corporis callosi, truncus corporis callosi ve splenium corporis callosi. Axon'ların beynin her bir yarımküresinin neopallium'ları arasından geçerken izledikleri yoldur. İç kapsül, telencephalon'dan diencephalon'a ve nihayetinde beyin sapı ve omuriliğe giden projeksiyon aksonlarını içerir. Bir grup lif fornix'i (kemer) oluşturur. Singulum, uzunlamasına bağlantı liflerinin oluşturduğu bir beyaz madde yapısıdır. İlişkilendirme sisteminin afferent lifleri hippocampus'a posterior'dan girer ve anterior'dan çıkar. Fornix dorsal'de, corpus callosum'un altında yer alır. Hippocampus, gyrus dentatus, gyrus cinguli, gyrus supracallosus ve gyrus geniculi de dahil olmak üzere limbik sistemin diğer

kısımları, rhinencephalon'da bulunur (Chauhan ve ark., 2021; Hendelman, 2020; De Lahunta ve ark., 2020). Evrimsel olarak daha eski olan archipallium ve paleopallium, rhinencephalon'u ya da "koku beynini" oluşturur. Rhinencephalon iki kısma ayrılır: koku alan kısım (paleopallium) ve koku almayan kısım ya da limbik sistem (archipallium). Limbik sistem, memelilerin yüksek türlerinde kapsamlı bir şekilde evrimleşmiştir (Hendelman, 2020; De Lahunta ve ark., 2020).

Her bir hemispherium'un ventrolateral kısmı basal ganglion'ları içerir. Bunlar öncelikle motor kontrolden sorumludur. Nucleus basalis'te bulunan yapılar şunlardır: nucleus caudatus, nucleus accumbens, nucleus lentiformis, nucleus endopeduncularis (pallidum'un subthalamus'a doğru caudal bir uzantısıdır), claustrum ve corpus amigdaloidum. Nucleus accumbens, caudal putamen kompleksine (rosto-ventro-medial) yakın bir konumda yer alır. Çevresinden kolayca ayırt edilemez. Nucleus caudatus, büyüktür ve tanımlanması kolaydır; uzamıştır, yanal olarak düzleşmiştir ve ventriculus lateralise doğru çıkıntı yapar (Kandel ve ark., 2013; Ropper ve ark., 2014; Telford ve ark., 2014). Enine kesit görünümünde nucleus caudatus kelebek şeklindedir. Nucleus basalis'in lif demetleri beyaz madde ile kaplıdır. Bunlar bir araya gelerek corpus striatum'un (çizgili cisim) kendine özgü yapısını oluşturur. İç kapsüldeki bazı lifler nucleus caudatus'u, komşusu olan nucleus lentiformis'ten ayırır. Medial'deki globus pallidus (pallidum olarak da adlandırılır), putamen ile birleşerek nucleus lentiformis'i oluşturur. Neostriatum, nucleus lentiformis ve nucleus caudatus'tan oluşur. Bir tarafta capsula externa, claustrum'u (ince bir yapı) neopallium'dan ayırır. Genellikle nucleus basalis ile ilgili tartışmalara dahil edilse de, amigdaloid cisim aslında rhinencephalon'un bir bileşenidir ve lobus piriformis'in tepesine yakın olarak nucleus lentiformis'in caudoventral'inde yer alır. Medial kısmında hippocampus, tractus olfactorius lateralis ve claustrum ile bağlantıları vardır (Reiner, 1998; Ropper ve ark., 2014; Telford ve Vattoth, 2014).

Beyin sapının rostral kısmına diencephalon denir. Çoğunlukla telencephalon tarafından gizlenir. Diencephalon; thalamus, metathalamus, epithalamus ve hypothalamus'a ayrılır (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020).

Thalamus, adhesio interthalamica ile birbirine bağlanan, çoğunlukla gri maddeden oluşan iki oval küteden oluşur. Thalamus, cortex cerebri'ye giden duyusal impulslar için merkezi bir istasyon görevi görür. Ayrıca cortex'ten diğer beyin merkezlerine giden bazı motor liflere de sahiptir. Koku hariç tüm duyular thalamus'a gelir ve buradan uygun cortex alanlarına gönderilir. Thalamus ayrıca ağrı, dokunma ve sıcaklık farkındalığını da yorumlar. Thalamus, cortex'e projekte olan ve cortex'ten karşılıklı bağlantılar alan bir grup çekirdekten oluşur. Thalamus'un çok sayıda çekirdeği kısmen lamina medularis ile ayrılır ve ventriculus tertius'un her iki tarafında bilateral simetrik bir şekilde düzenlenir. İç lamina medularis, thalamus'un her iki tarafını medial ve lateral kısımlara ayırır. Ayrıca, thalamus'un rostral kısmının bir parçası olan rostral çekirdeği oluşturmak için rostral olarak da ayrılır (da Silva ve ark., 2022; Hendelman, 2020; De Lahunta ve ark., 2020; Schmidt ve ark., 2009).

Hypothalamus, diencephalon'un thalamus'un altında kalan kısmıdır. Ventriculus tertius'un ventral kısmını ve lateral duvarlarını oluşturur. Hypothalamus, cortex, thalamus ve beyin diğer bölümlerinin yanı sıra infundibular sap aracılığıyla hypophysis ile de iletişim kurar. Nucleus hypothalamus, adhesio interthalamica'nın ventral'indedir. Hypothalamus rostral uçta lamina terminalleri ve chiasma opticum ile başlar ve caudal uçta corpus mamillare'ye kadar devam eder. Hypothalamus'un dorsal tarafında bulunan tuber cinereum, bu iki bölümün arasında yer alır. Hipofiz sapı olarak da bilinen infundibulum, tuber cinereum'un ventral olarak uzatılmış bir kısmıdır. Infundibulum ventral olarak genişleyerek nörohipofiz veya hipofizin nöral lobu (hipofiz bezi) haline gelir. Hypothalamus, hypophysis aracılığıyla sinir sistemi ve endokrin sistem arasındaki bağlantının önemli bir parçasıdır. Ayrıca, hypothalamus autonom sinir sistemini kontrol eder ve bütünleştirir. Autonom sinir sistemini düzenleyerek kalp atış hızı, kan basıncı, sıcaklık ve gastrointestinal salgılar ve hareketlilik gibi hayati fonksiyonları düzenler (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020; Ropper ve ark., 2014).

Epithalamus, diencephalon'un küçük bir parçasıdır. Habenular kompleks, epiphysis cerebri (epifiz bezi) ve thalamus'un dorsomedial yüzeyi üzerinde, diencephalon'un membran çatısının bağlanma çizgisinin hemen altında uzanan bir

sinir şeridinden oluşur. Ruminantia epithalamik bölgeleri çok gelişmiştir. Devasa epiphysis gövdesi, splenium corporis callosi seviyesine kadar ulaşan derin bir epiphysis girintisiyle sonlanır. Diensefalik ventriküler yüzeyin hemen altında, dorsal thalamus'un caudal bölümünün medial'inde, habenular kompleks olarak bilinen küçük bir gri madde kütleli bulunur. Stria medullaris'ten girdi alır ve fasciculus retroflexus ile habenulo-interpeduncular kanalın kaynağıdır (Da Silva ve ark., 2022; Nieuwenhuys ve ark., 2008; Schmidt ve ark., 2009; Schmidt ve ark., 2012).

### 1.2.3. Mesencephalon

Mesencephalon, rhombencephalon ve diencephalon (prosencephalonun kaudal kısmı) arasında yer alır. Orta beyin olarak da bilinir. Mesencephalon'da tectum, pedunculus cerebri, tegmentum, crus cerebri, substantia nigra ve kranial sinirler (oculomotor ve trochlear) dahil olmak üzere bir dizi yapı bulunur. Tectum (corpora quadrigemina) orta beynin dorsal kısmında yer alır. Tectum'dan spinal kanaldaki alt motor nöronlara uzanan tractus spinalis, işitsel ve görsel reflekslerle ilgili hareketleri kontrol eder. Colliculus rostralis ve caudalis, mesencephalon'un dorsal yüzeyinde bulunan iki çift yuvarlak çıkıntıdır. Her bir colliculus rostralis görsel refleks yolunda sinaptik bir konum iken, her bir colliculus caudalis işitsel refleks sistemi için aynı şeyi yapar. Ventriculus tertius ve quartus, mesencephalon'daki ventriküler sistemin bir kısmı olan aqueductus mesencephali ile birbirine bağlanır (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020; Ropper ve ark., 2014). Pedunculus cerebri, ön beyin ve arka beyni birbirine bağlayan bir sinir lifleri demetidir. Pedunculus cerebri, tegmentum (orta beynin tabanını oluşturur) ve crus cerebri'yi (cerebrum'u cerebellum'a bağlayan sinir yolları) içerir.

Crus cerebri, beyin sapının caudal kısımlarındaki piramitlere ulaşmak için orta beyinden geçerken motor sistem lifleri tarafından oluşturulur. Tegmentum mesencephali, orta kısımda ventral olarak yer alan uzun bir yapı olan retiküler formasyon, substantia nigra çekirdeklerinden oluşur. Substantia nigra, orta beyinde bulunan, ödül ve harekette önemli rol oynayan bir bazal ganglion yapısıdır.

Substantia nigra Latince "siyah madde" anlamına gelir ve substantia nigra'nın bazı kısımlarının komşu bölgelerden daha koyu görüldüğü gerçeğini yansıtır. Substantia nigra, frontal loblar ve beynin motor fonksiyonla ilgili diğer bölgeleri ile sinir bağlantılarına sahiptir (De Lahunta ve ark., 2020; MacKay, 2006; Ropper ve ark., 2014). Nervus oculomotorius mesencephalon'un ventral yüzeyinden çıkar. Orta beyinle ilişkili diğer cranial sinir nervus trochlearis'tir ve bu çekirdekten gelen lifler mesencephalon'un dorsal yüzeyinden çıkarak orbita'ya doğru ilerlerken beyin sapının karşı ventral yüzeyine ulaşmak için çapraz yaparlar (Hendelman, 2020; De Lahunta ve ark., 2020; Mayhew ve MacKay, 2022).

#### **1.2.4. Rhombencephalon**

Rhombencephalon, medulla oblongata (myelencephalon: yüzey beyazdır), pons ve cerebellum (metencephalon)'dan oluşur. Pons kelimesi "köprü" anlamına gelir ve gerçekten de pedunculus cerebri, medulla oblongata ve pons beyin sapını oluşturur. Medulla oblongata bazen "bulbus" olarak adlandırılır, çünkü omuriliğin ön genişlemesi gibi görünür. Metencephalon ve myelencephalon arasındaki sınır flexura pontina ile işaretlenmiştir (Hendelman, 2020; De Lahunta ve ark., 2020).

Metencephalon'un ventral yüzeyi, ön beyinden beyinciğe bilgi ileten geniş bir lif demeti olan pons'un enine lifleri tarafından oluşturulur. Pons'un enine lifleri lateral ve dorsal olarak hareket ettikçe, cerebellum'a girerken görülebilen pedunculus cerebellaris medius'u oluştururlar. Pons'taki tek çekirdek, trigeminal sinirin belirgin motor çekirdeğidir. Çiğneme kaslarını innerve eder. Büyük nervus trigeminus pons'un ventral yüzeyini, transversal liflerin rostral kenarında terk eder (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020).

Bazen "küçük beyin" olarak adlandırılan beyincik (Cerebellum), beynin hemispherium'larına benzer. Beyincik, gelişmekte olan embriyoda metencephalon'un dorsal uzantısı olarak oluşan karmaşık bir yapıdır. İç kulaktaki vestibüler organ ile kas ve tendo'lardaki gerilme reseptörlerinin her ikisi de bu

yapıya uyarılar gönderir. Bir hayvan yürüdüğünde veya koştuğunda, duruşu ve dengesi koordinasyonu cerebellum tarafından korunur (De Lahunta ve ark., 2020; Nieuwenhuys ve ark., 1998). Yüzeyi, sulci (oluklar) ve folia (yapraklar) (sırtlar) ile karmaşıktır. Yapısı iki yan kısımdan ve vermis adı verilen uzunlamasına bir sırttan oluşur. Vermis'te bulunan yaklaşık 10 lobulus, motor fonksiyonun çeşitli unsurlarını koordine etmekten sorumludur. Örneğin okülönodüler lob, caudoventral lobül, nodulus ve yanındaki hemispherlerden oluşur. Beyin sapındaki vestibular çekirdeklerle olan ilişkisi nedeniyle bu lob, vestibulocerebellum olarak da adlandırılır. Kasların faaliyetlerini koordine ederek bir organizmanın dengesini düzenler. Cerebellum'un rostral ve caudal loplari fissura primae birbirinden ayırır. Beyinciğin lobus caudalis ve lobus flokülönodüleris'i ventral yüzeyde yer alır ve fissura caudolateralis ile ayrılır (Hendelman, 2020; de Lahunta ve ark., 2020; Ropper ve ark., 2014). Pedunculus cerebellaris ("ayak") cerebellum'dan beyin sapına uzanır. Bu sap benzeri bağlantılar, beynin lateral'inden medial'ine doğru, Pedunculus cerebellaris caudalis ve rostralis olarak bilinir. Beyincikteki beyaz madde, dallanmış yapısı nedeniyle arbor vitae (Latince "hayat ağacı") olarak bilinir. Her iki cerebellar hemispherium, daha çok eğrelti otunu andıran bir yapı içerir. Bu yol, duyu ve motor verileri beyinciğe iletir ve beyincikten alır. Arbor vitae, hepsi de beyinciğin derinliklerinde bulunan nucleus lateralis cerebelli [Nucleus dentatus], nucleus globosus, nucleus interpositus lateralis cerebelli [nucleus emboliformis] ve nucleus fastigii'yi barındırır. Cerebellum'un efferent projeksiyonları bu dört farklı bölgeden çıkış yapar (De Lahunta ve ark., 2020; Nieuwenhuys ve ark., 1998; Saladin ve Keneth, 2012).

Beyin sapının en arka bölgesi olan medulla oblongata, foramen magnum'da veya hemen arkasında omuriliğe bağlanır. Medulla oblongata'nın bir dorsal ve bir de ventral tarafı vardır. Medulla'nın ventral yüzeyinde tam ortada bir yarık bulunur ve buna fissura mediana ventralis denir. Fissura'nın her iki yanında piramidal yolların oluşturduğu dikey bir çıkıntı olan pyramis medullae oblongatae bulunur. Piramidal yollar, beyin ile omuriliği birbirine bağlayan tractus corticospinalis ve beyin ile gözleri birbirine bağlayan tractus corticobulbaris (ön lobun motor cortex'inden beyin sapındaki cranial sinirlere uzanan yol)'ten oluşur. Tractus corticospinalis'in büyük

çoğunluğu, medulla'nın alt bölgesine (omurilikle birleşim yerinin hemen üstünde) doğru ilerlerken "decussatio pyramidium" olarak bilinen bir yerde kesişir (De Lahunta ve ark., 2020; Michael ve ark., 2014; Ropper ve ark., 2014).

Corpus olivaris, medulla'nın ventral'inde bulunan bir çift yapıdır. Piramitlerin lateral'inde yer alırlar. Ventriculus quartus'un alt kısmı medulla'nın (omuriliğin merkezi kanalının beyne girdikten sonra genişlemesiyle oluşan sıvı dolu bir boşluk) üst kısmından oluşur. Ventriculus quartus, medula spinalis gibi, dıştan beyaz cevher ve içten gri cevher ile çevrilidir. Tipik olarak yedi adet cranial sinir medulla'dan çıkış yapar. Medulla, hem miyelinli (beyaz madde) hem de miyelinsiz (gri madde) sinir liflerinden oluşur. Beyin sapındaki diğer yapıların aksine, medulla'nın beyaz maddesi gri maddenin altında olmak yerine onunla iç içe geçmiştir. Bu da beyin sapında birbirine bağlı nöron kümelerinden oluşan bir ağ olan formatio reticularis'in bir parçasını meydana getirir. Reticuler formasyondaki nöronlar hem motor hem de duyuşsal bilgilerin gönderilmesi için önemlidir. Medulla'da bulunanlar, nefes alma, kalp atış hızı ve sindirimi içeren otonom sinir aktivitesinin düzenlenmesi de dahil olmak üzere çok çeşitli bütünleştirici görevlerden sorumludur (de Lahunta ve ark., 2020; Michael ve ark., 2014; Nieuwenhuys ve ark., 1998).

Bu çalışmanın amaçları; silikon plastinasyon yöntemi ile sığır tam beyninin plastinasyonunu ve sığır beyninin transversal kesit plastinasyonunu elde etmek, polyester plastinasyon yöntemi ile sığır beyninin transversal kesit plastinasyonunu elde etmek ve plastine edilmiş örneklerin hem çevrimiçi hem de yüz yüze eğitim öğretimde öğrenci eğilimlerini belirlemektir.

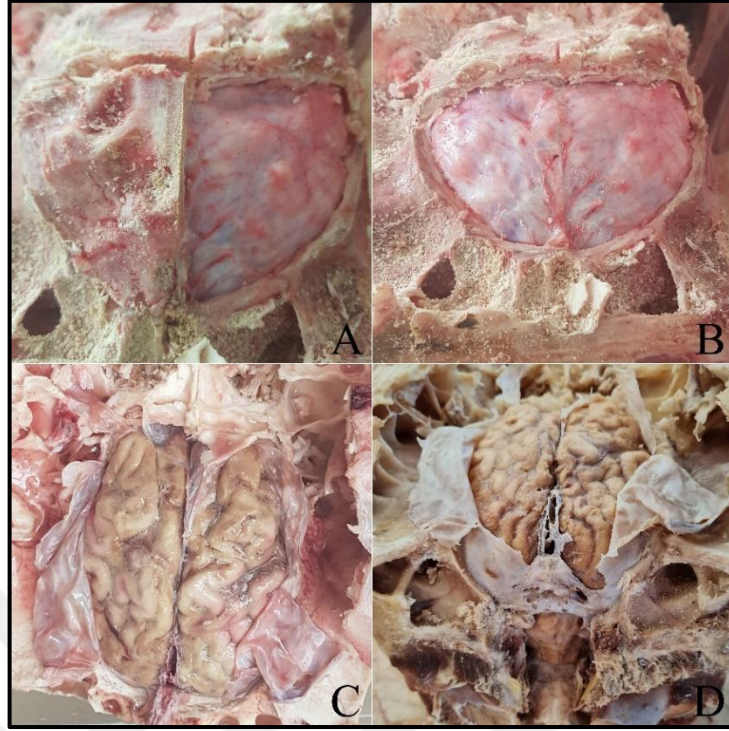
## **2. GEREÇ VE YÖNTEM**

### **2.1. Örnek Toplama ve Depolama**

Toplam altı adet sığır kafası mezbahadan toplandı ve kısa bir süre içinde Ankara Üniversitesi Veteriner Anatomi Anabilim Dalı'na nakledildi. Çalışma, Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan onay doğrultusunda yapıldı (Karar sayısı: 2021-15-136). Üç sığır kafası polyester plastinasyon için, diğerleri ise silikon plastinasyon için kullanıldı. Diseksiyon işlemine kadar kafalar soğuk hava deposunda (-18 °C) depolandı. Daha sonra beynin eksenterasyonu için diseksiyon yapıldı.

### **2.2. Diseksiyon**

Diseksiyona kafaların üzerinde bulunan deri ve yumuşak dokuların diseke edilmesiyle başlandı, böylece neurocranium kemikleri ortaya çıkarılmış oldu. Daha sonra frontal, parietal, interparietal ve occipital kemiklerin bir kısmı, beynin dorsal kısmını ortaya çıkarmak için dremel (M4000, F013400046, Mexico) kullanılarak kesitler halinde çıkarıldı. Bu işlem yapıldıktan sonra beynin dorsal kısmındaki dura mater uzaklaştırıldı. Ardından örnekler akan su ile temizlenerek beyni sertleştirmek ve böylece beyin dokusuna zarar vermeden kolayca çıkarılabilmesini sağlamak amacıyla bir ay boyunca %15 formalin solüsyonunda muhafaza edildi. Bir ay sonra diseksiyon işlemine devam edildi ve neurocranium'un diğer kısmı dremel kullanılarak tekrar çıkarıldı. Sonrasında beyinler meninges'ten temizlendi ve %15'lik formalin solüsyonlarında iki-üç ay süreyle muhafaza edildi (Latorre, 2007; Ogaili ve ark., 2018) (Şekil 2.1). Sonraki prosedür silikon ve polyester plastinasyon kısmında açıklanmıştır.



**Şekil 2.1.** Kafatası diseksiyonu ve beyin eksenterasyonu prosedürü. A, B Neurocranium kemiklerinin bir kısmının çıkarılması; C, formalin solüsyonunda muhafaza edilen beyin; D, muhafazadan sonra beynin çıkarılması.

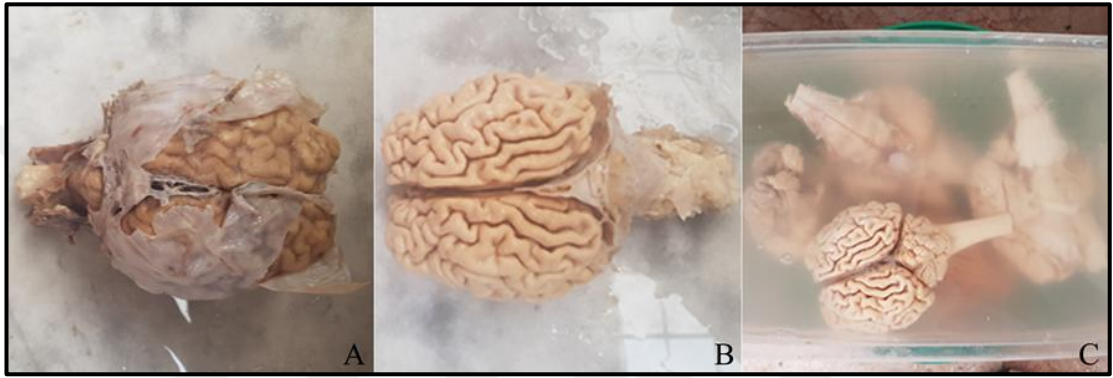
### 2.3. Silikon Plastinasyon

Bu çalışmada örnek hazırlama, dehidrasyon, zorlu impregnasyon ve kürleme olmak üzere dört aşamalı geleneksel plastinasyon tekniği kullandı (von Hagens, 1987). Bu aşamaların her birinde gerçekleştirilen prosedür aşağıda açıklanmıştır.

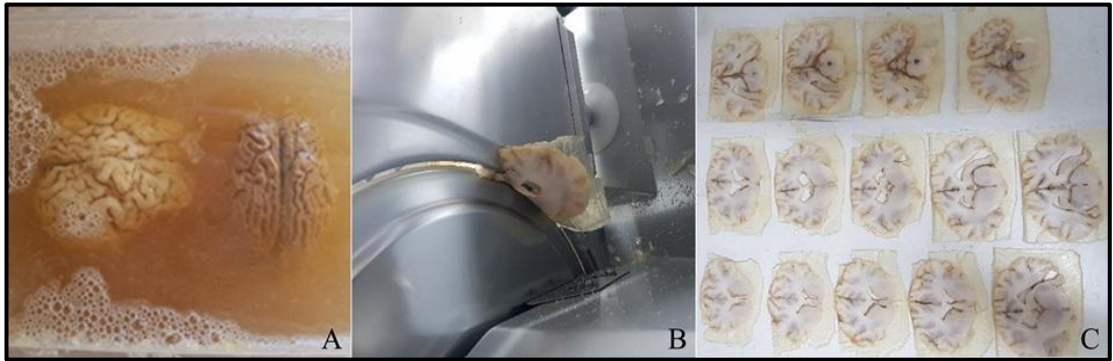
#### 2.3.1. Örneklerin Hazırlanması

Sabitlenmiş ve muhafaza edilmiş beyin örneklerinden üçü formalin içerisinde çıkarıldı (Şekil 2.2). Silikon plastinasyon için planlanan üç beyinden biri tam beyin silikon plastinasyonu için kullanılırken, diğer ikisi koroner (enine) kesitli silikon plastinasyon için kullanıldı. Fazla formalin içeriğinin giderilmesi için tam beyin 48 saat boyunca akan su altında tutuldu. Öte yandan, iki beyin uygun bir kaba konularak kolay kesit alınması için ılık %20 jelatin (toz sığır jelatini, yerel)

solüsyonu ile kaplandı (Henry ve Latorre, 2007). Daha sonra kesitlere ayrılmadan önce soğumaya ve sertleşmeye bırakıldı. Jelatin sertleştikten sonra beyin (jelatin blok) kaptan çıkarıldı ve elektrikli bir gıda dilimleme makinesi (HBS – 300A, Ningbo, Çin) kullanılarak 4 mm kalınlığında kesildi (Şekil 2.3). Dış çevresinde sertleşmiş olan jelatin fiziksel olarak kazındı. Bunu takiben, kesilmiş beyin dilimleri 48 saat boyunca akan su altında bekletildi. Daha sonra hem tam beyin hem de beyin kesitleri bir sonraki adım olan örnek dehidrasyonuna aktarıldı.



**Şekil 2.2.** Meninges'in beyin yüzeyinden diseksiyon ile çıkarılması.



**Şekil 2.3.** Beyin kesit alma prosedürü (silikon plastinasyon).

### 2.3.2. Dehidrasyon

İyice yıkandıktan sonra, buz kristali oluşumunu önlemek ve soğuk asetona verilirken büzülmeyi en aza indirmek için tam beyin 2 °C'ye kadar soğutuldu

(Ezhilarasan ve Jeyanthi, 2016 ve Gao ve ark., 2006). Daha sonra soğutulan beyin, %99,9'luk soğuk aseton banyosuna (-25 °C) konuldu. Üç ardışık %99,9 aseton banyosu kullanıldı ve her değişimde aseton konsantrasyonu bir asetonometre kullanılarak iki günlük aralıklarla izlendi. Aseton ölçümü sırasında sıcaklık, asetonometrenin sıcaklık kalibrasyonuna uygun olarak ayarlandı (Şekil 2.4). Son aseton banyosunda, 18. günde %99,1 aseton konsantrasyonu kaydedildi (Çizelge 2.1). Üçüncü aseton banyosunda örneklerin tamamen dehidre olduğu kabul edildi.

Kesit beyinler için, dilimler (2-3) aseton ve polyesterin serbestçe nüfuz etmesine olanak sağlamak için plastik bir ağ tabakası içinde paketlenildi. Ayrıca 2 °C'ye kadar soğutulmuş ve ardından saf, soğutulmuş asetona (-25 °C) aktarıldı. Aynı şekilde, üç ardışık saf aseton değişimi gerçekleştirilerek son aseton banyosunda %98,8 aseton konsantrasyonu kaydedildi (Çizelge 2.2). Tam beyin için dehidrasyon 18 günde tamamlanırken, beyin dilimleri için bu süre 12 gün sürdü.

**Çizelge 2.1.** Tam beyin silikon plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü.

| Ölçüm süresi                |        | Aseton banyosu (Giriş konsantrasyonu %99,9) |              |              |
|-----------------------------|--------|---------------------------------------------|--------------|--------------|
| Ölçüm                       | Süresi | 1. banyo (%)                                | 2. banyo (%) | 3. banyo (%) |
| Birinci ölçüm               | 2. gün | 97,1                                        | 98,1         | 99,2         |
| İkinci ölçüm                | 4. gün | 96,7                                        | 97,8         | 99,2         |
| Üçüncü ölçüm                | 6. gün | 96,6                                        | 97,8         | 99,1         |
| Çıkış aseton konsantrasyonu |        | 96,6                                        | 97,8         | 99,1         |

**Çizelge 2.2.** Kesit beyin silikon plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü.

| Ölçüm süresi                |        | Aseton banyosu (Giriş konsantrasyonu %99,9) |              |              |
|-----------------------------|--------|---------------------------------------------|--------------|--------------|
| Ölçüm                       | Süresi | 1. banyo (%)                                | 2. banyo (%) | 3. banyo (%) |
| Birinci ölçüm               | 2. gün | 97,6                                        | 99,1         | 99,4         |
| İkinci ölçüm                | 3. gün | 97,3                                        | 98,2         | 99,2         |
| Üçüncü ölçüm                | 4. gün | 97,3                                        | 98           | 99,2         |
| Çıkış aseton konsantrasyonu |        | 97,3                                        | 98           | 99,2         |

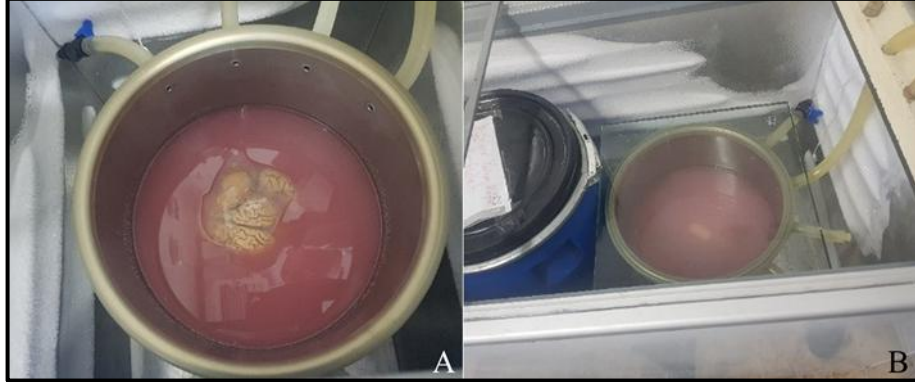


**Şekil 2.4.** Aseton konsantrasyon ölçümü.

### **2.3.3. Zorlu İmpregnasyon**

Dehidre edilmiş tam beyin alınarak, soğuk (-25 °C) S10B silikon (Biodur Products, Heidelberg, Almanya) polimer karışımına daldırıldı. Örneklerin karışımla dengelenmesi için vakum uygulanmadan 24 saat bekletildi (Henry ve ark., 2019; Prasad ve ark., 2015). Sonrasında silikon polimer karışımı, S10B silikon polimerinin S3 katalizör/zincir genişletici (Biodur Products, Heidelberg, Almanya) ile iyice karıştırılmasıyla hazırlandı. Bu çalışmada kullanılan silikon polimer karışımının (S10B) katalizör/zincir uzatıcıya (S3) oranı 100:0,5'tir.

Örnek, bir gece boyunca silikon karışımı ile dengelendikten sonra hazne kapatıldı ve vakum uygulandı. Vakum basıncı, hazneye bağlı bir iğne valf ile kontrol edildi. Polimer yüzeyindeki gaz kabarcıklarının üretiminin gözlemlenmesi, impregne oranını düzenlemek ve ekstraksiyonu izlemek için kullanıldı. Kabarcık oluşumu durduğunda impregne işleminin tamamlandığı kabul edildi (Henry ve ark., 201; Pashaei, 2010). İmpregne işlemi tamamlandığında pompa kapatılarak örnekler atmosferik basınca geri döndürüldü. Tam beyin için zorlu vakum emdirme işlemi 9 günde tamamlandı. Beyin kesitleri için de aynı prosedür kullanılarak zorlu vakum emdirme işlemi 6 günde tamamlandı (Şekil 2.5).

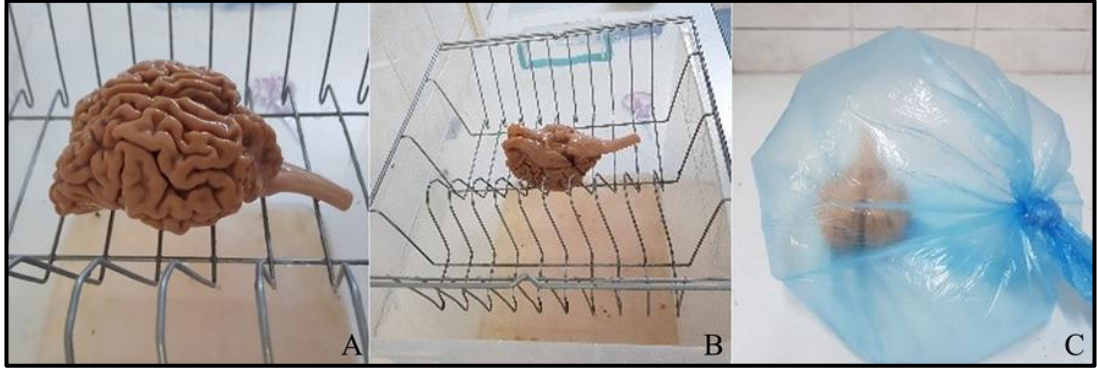


Şekil 2.5. Zorlu impregnasyon (silikon plastinasyon).

#### 2.3.4. Sertleştirme

İmpregne edilen numunelerin sertleştirilmesi, numunenin gaz halindeki sertleştiriciye (Biodur® S6) maruz bırakılarak oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Oda basıncı atmosferik seviyelere döndürüldükten sonra, impregne edilmiş örnekler impregnasyon karışımından kaldırılarak fazla polimerin akması için bir gün boyunca vakum odasına asıldı. Tam beyin, oda sıcaklığına getirilerek bir kabın üzerindeki ızgaraya yerleştirildi. Örnekler her gün çevrilerek üç gün boyunca fazla polimer karışımının süzülmesine izin verildi. Daha sonra fazla polimer beyin yüzeylerinden silindi. Bu prosedürlerin ardından, tam beyin kilitli poşette tutularak beş hafta boyunca gazlı sertleştiriciye (Biodur S6) maruz bırakıldı. Her hafta gazlı sertleştirici (Biodur S6) küreme poşetlerine eklendi (Şekil 2.6).

Aynı prosedür küçük farklılıklarla beyin kesitleri için de kullanıldı. Paketlenmiş beyin kesitleri bir gün boyunca vakum haznesine asıldıktan sonra plastik ağ tabakası kesildi. Kesitler iki gün boyunca emici malzeme üzerine yerleştirilerek her gün döndürüldü. Ardından fazla polimer karışımı silinip temizlenerek gazlı sertleştirici içeren bir küreme kutusuna yerleştirildi (Şekil 2.7). Küreme kutusundaki dilimlerin tamamen sertleşmesi yirmi gün sürdü.



**Şekil 2.6.** Fazla polimer süzülmesi ve impregne edilmiş tam beyin kürlenmesi.



**Şekil 2.7.** Fazla polimer drenajı ve kesit beyin kürlenme kutusunda kürlenmesi.

## 2.4. Polyester Plastinasyon

### 2.4.1. Örneklerin Hazırlanması

Üç beyin örneği polyester polimer kullanılarak plastine edildi. Beyinler formalin solüsyonundan alındı ve uygun bir kaba yerleştirilerek beyne zarar vermeden kolay kesit alınması için ılık %20 jelatin (toz sığır jelatini, yerel) solüsyonu ile kaplandı (Henry ve Latorre, 2007). Daha sonra parçalara ayrılmadan önce soğumaya ve katılaşmaya bırakıldı. Jelatin sertleştikten sonra beyin (jelatin blok) kaptan çıkarılarak elektrikli gıda dilimleme makinesi (HBS – 300A, Ningbo,

Çin) ile 2,5 mm kalınlığında dilimlendi (Şekil 2.8). Dış çevresinde sertleşmiş olan jelatin fiziksel olarak temizlendi. Bunu takiben enine kesitli beyin dilimleri, fazla formalin içeriğinin giderilmesi için 48 saat boyunca akan su altında tutuldu. Dehidrasyon aşamasına geçmeden önce dilimlenmiş beyinler (2-3) plastik bir ağ tabakası ile paketlenerek 2 °C'ye soğutuldu.



**Şekil 2.8.** Beyin kesit alma prosedürü (polyester plastinasyon).

#### 2.4.2. Dehidrasyon

2°C'ye soğutulmuş dilimlenmiş beyin paketleri buzdolabından alınarak soğutulmuş (-18°C) saf asetona (%99,9) aktarıldı. Dehidrasyon 9 günde tamamlandı. Toplam üç aseton banyosu değiştirildi. Son aseton banyosunda %98,4 aseton konsantrasyonu kaydedildi. Ayrıntılı bilgiler tabloda (Çizelge 2.3) özetlenmiştir.

**Çizelge 2.3.** Polyester plastinasyonu için aseton konsantrasyonu ölçümü.

| Ölçüm süresi                |        | Aseton banyosu (Giriş konsantrasyonu %99,9) |              |             |
|-----------------------------|--------|---------------------------------------------|--------------|-------------|
| Ölçüm                       | Süresi | 1. banyo (%)                                | 2. banyo (%) | 3.banyo (%) |
| Birinci ölçüm               | 2. gün | 97,1                                        | 98           | 99,3        |
| İkinci ölçüm                | 3. gün | 94,7                                        | 97,6         | 99,3        |
| Çıkış aseton konsantrasyonu |        | 94,7                                        | 97,6         | 99,3        |

### 2.4.3. Zorlu İmpregnasyon

Vakumla zorlu emdirme işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Dehidre edilmiş, dilimlenmiş beyin paketleri asetondan çıkarılarak polyester polimer karışımına daldırıldı. Polyester polimer karışımı, yerel olarak üretilen polyester polimerin (Turkuaz TP100 polyester polimer) hızlandırıcı (%1 kobalt, 1 L polyester için 0,5 ml) ile karıştırılmasıyla hazırlandı (Ghafari ve ark., 2007). Vakum uygulamadan önce dilim paketleri, dilimlerin ve polimer karışımının dengelenmesi için polyester polimer karışımı banyosunda bir gece bekletildi (Ezhilarasan ve ark., 2017; Henry ve Latorre, 2007). Örnekler polyester polimer karışımı ile bir gece boyunca dengelendikten sonra hazne kapatılarak vakum uygulandı. Hazne içindeki vakum basıncını kontrol etmek için bir iğne valfi kullanıldı. Polimer yüzeyinde gaz kabarcıklarının oluşumunu gözlemlemek, impregnasyon hızını ayarlamak için kullanıldı. Kabarcık oluşumu sona erdiğinde impregnasyonun tamamlandığı kabul edildi. İmpregnasyon işlemi tamamlandığında pompa kapatılarak numuneler atmosferik basınca bırakıldı. Zorlu vakum emdirme işlemi iki gün sürdü (Şekil 2.9). Ultraviyole ışık, polyester polimer karışımı için bir aktivatör veya katalizör görevi gördüğünden impregne işlemi karanlık bir ortamda gerçekleştirildi (Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007; Okoye ve Sui, 2019).

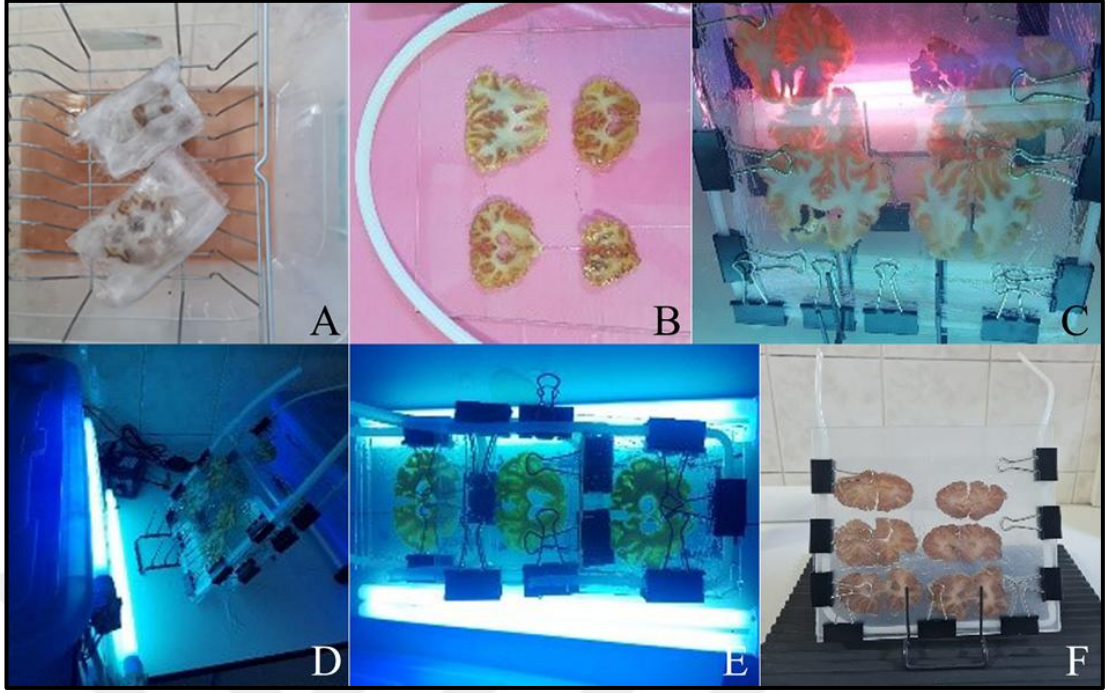


Şekil 2.9. Zorlu impregnasyon (polyester plastinasyon).

#### 2.4.4. Sertleştirme

Zorlu vakum emdirme işlemi tamamlandıktan sonra vakum pompası kapatıldı. Ardından oda basıncını atmosferik basınca döndürmek için baypas valfi açıldı. İmpregne edilmiş dilim paketlerinin fazla polyester polimer karışımını boşaltmasına izin verildi. Düz bir hazne oluşturularak ultraviyole ışıkla kürleme yapıldı. Beyin dilimi paketlerinin fazla polyesteri boşaltmasına izin verildikten sonra plastik ağ tabakası kesilerek camın (2 mm şeffaf akrilik pleksiglas) ortasına bir dilim yerleştirildi. Alt kenar boyunca (alttan 1 cm yukarıya) bir silikon hortum yerleştirildi. Daha sonra diğer cam, silikon hortumun üzerine yerleştirilerek alt kenar boyunca mengeneler yerleştirildi. Sonrasında hortumun ucu, köşede 90 derecelik keskin bir kıvrım bırakacak şekilde, yine kenardan 1 cm yukarıda kalacak şekilde camların arasındaki kenarlardan yukarı doğru devam ettirildi. Yine her iki tarafa hortumun üzerinden mengeneler yerleştirildi. Mengeneler alt camın kenarı boyunca contanın üzerine gelecek şekilde katlanarak geri çekildi. Üst kısım polyester karışımının eklenmesi için açık bırakıldı. Hazne, açık üst kısmı yukarı bakacak şekilde dikey olarak yerleştirilerek polyester karışımı yavaşça dolduruldu (Baptista ve ark., 2019; Henry ve Latorre, 2007; Latorre ve Henry, 2007) (Şekil 2.10).

Kürleme için polyester karışımı, polyester polimerin kobalt (hızlandırıcı) ve Metil Etil Keton Peroksit (sertleştirme malzemesi) (Ghafari ve ark., 2007) ile Polyester polimer / %1 Kobalt / MEK-P: %99,6 / %0,1 / 132 % 0,3 oranında karıştırılmasıyla hazırlandı (Şekil 2.11). Dökümden sonra cam hazneler UVA ışıklarına maruz bırakıldı. Düz odacıkların yan tarafına iki adet 40 watt UVA ışığı yerleştirildi. Kürleme 24 saat içinde tamamlandı. Kürleme sonrasında, cam hazne silikon kalıp ayırıcı sprej KA2000 kullanılarak söküldü ve ardından kürlenmiş reçinenin fazla miktarı şerit testere kullanılarak kesildi (Şekil 2.12).



**Şekil 2.10.** Cam hazne yapımı ve kürleme. A, impregne edilmiş örnekler; B, F hazne yapısı; C, D, E, UVA ışıkları ile kürleme.



**Şekil 2.11.** Polyester polimer, Kobalt ve MEK-P'nin karıştırılması.



**Şekil 2.12.** Polyester plastine numunenin kesilmesi.

## **2.5. Anket Çalışması**

Anket, veteriner fakültesi birinci sınıfta okuyan ve veteriner anatomi dersinin nöroanatomi dersini alan öğrencilere uygulandı. Anket çalışmasına tam olarak 239 öğrenci (108 yüz yüze ve 131 çevrimiçi) katıldı. Çalışma, Ankara Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Karar sayısı: 31). Anketin başına, tüm katılımcıların, bu çalışmanın bir katılımcısı olmayı kabul ettiğine dair etik onay ve rıza beyanı eklendi. Hem yüz yüze hem de çevrimiçi anket çalışmaları için, plastine edilmiş örnekleri değerlendirmek üzere Google Forms üzerinde hazırlanan bir anket kullanıldı. Yüz yüze anket için plastine edilmiş tam beyin, silikonla plastine edilmiş kesit beyin ve polyester ile plastine edilmiş kesit beyin üzerinde görülebilen anatomik yapılar açıklandı. Daha sonra tüm bu örnekler öğrencilere uygulama yapmaları için verildi. Bunu takiben, Google Forms'da hazırlanan anketin linkleri öğrencilere gönderildi. Çevrimiçi olarak gerçekleştirilen anket için, öğrencilerin plastine örneklerin dijitalleştirilmiş görüntüleriyle desteklenen nöroanatomi üzerine çevrimiçi bir teorik ders almalarına izin verilmiş ve ardından plastine edilmiş tam beyin, silikonla plastine edilmiş kesit beyinler ve polyesterle plastine edilmiş örnekler üzerine kaydedilen videolar öğrencilerin dersleri takip ettiği e-kampüs sistemine yüklenmiştir. Sonrasında Google Forms'da hazırlanan anketin linkleri öğrencilere gönderildi.

## 2.6. İstatistiksel Analiz

Öğrenci yanıtları kesinlikle katılıyorum ile kesinlikle katılmıyorum arasında değişen 5'li Likert Ölçeğine dayanmaktadır. Anket çalışmasından elde edilen veriler Microsoft excel tablolarına kaydedildi ve kodlanmış, tanımlayıcı istatistikler kullanılarak analiz edildi ve frekanslar, yüzdeler, puanları hesaplandı. Analiz edilen veriler tablolarla özetlendi. İstatistiksel analiz, IBM SPSS yazılımı ver. 21 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı.

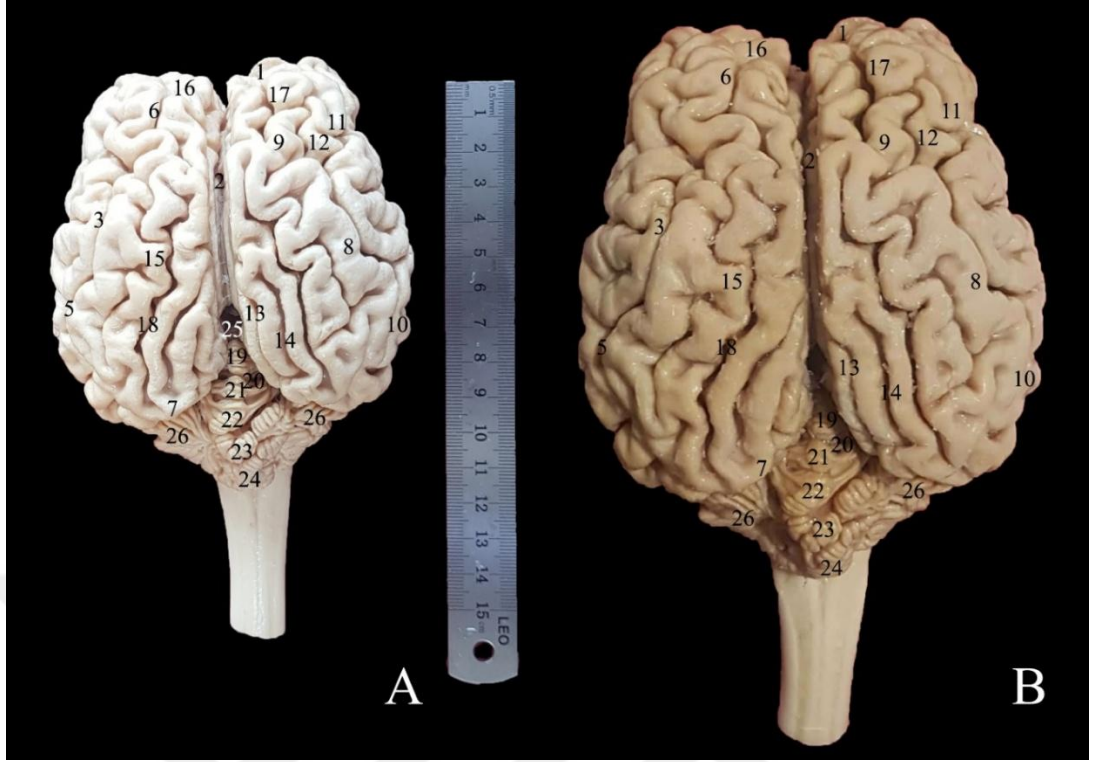


### 3. BULGULAR

Silikon ve polyester plastine edilmiş sığır beyinlerinin yüz yüze ve çevrimiçi nöroanatomi eğitimindeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla toplam altı adet sığır beyni kullanıldı. Üç beyin koroner kesit alındıktan sonra polyester polimer ile plastine edildi. İki beyin ise koroner kesit alınarak silikon polimer ile plastine edilmiş, son beyin ise tam olarak silikon ile plastine edildi. Daha sonra bunlar, bölümümüzde veteriner anatomi dersinin nöroanatomi bölümünü alan veteriner hekimliği birinci sınıf öğrencileri için sergilendi. Öğrencilere daha sonra hazırlanmış olan plastinatlar yüz yüze ve çevrimiçi nöroanatomi eğitiminde kullanılmak üzere sunuldu. Toplam 108 gönüllü öğrenci plastinatları yüz yüze, 131 öğrenci ise çevrimiçi olarak değerlendirdi

#### 3.1. Tam Beyin Silikon Plastinasyonu

Tam beyin S10B plastinasyonunda, örneğin hazırlanmasından sertleşmesine kadar iki ay bir hafta sürdü. Plastinasyon öncesi ve sonrası beynin anatomik yapısının birbirine benzer olduğu görüldü. Elde edilen biyolojik örneklerin kokusuz ve kuru olduğu belirlendi. Plastine dokuda hafif renk değişimi ve büzülme gözlemlendi. Plastinasyon öncesi ve sonrası encephalon'un dorsal, ventral ve lateral görünüşleri Şekil 3.1 - Şekil 3.3'de gösterildi. Öğrencilerin, plastine edilmiş tam encephalon'a ait değerlendirmeleri Çizelge'lerde (Çizelge 3.1 ve 3.2) sunuldu.



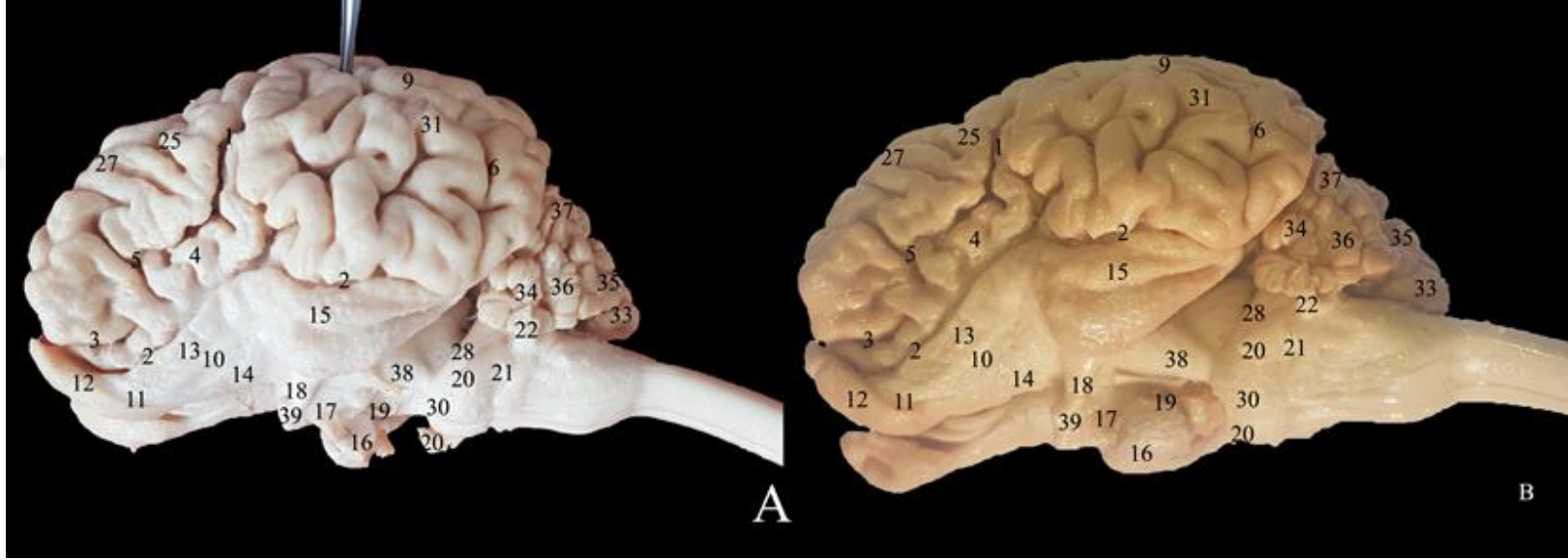
**Şekil 3.1.** Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (dorsal görünüm), A, plastinasyon öncesi, B, plastinasyon sonrası. 1. Bulbus olfactorius, 2. Fissura longitudinalis cerebri, 3. Sulcus suprasylvius medius, 4. Sulcus suprasylvius rostralis, 5. Sulcus suprasylvius caudalis, 6. Sulcus coronalis, 7. Gyrus marginalis, 8. Gyrus suprasylvius, 9. Gyrus coronalis, 10. Gyrus ectosylvius caudalis, 11. Gyrus ectosylvius rostralis, 12. Gyrus ectosylvius medius, 13. Sulcus endomarginalis, 14. Sulcus marginalis, 15. Gyrus ectomarginalis medius, 16. Gyrus precruciat, 17. Gyrus postcruciat, 18. Sulcus ectomarginalis, 19. Culmen (pars rostralis), 20. Fissura prima, 21. Declive, 22. Folium vermis, 23. Tuber vermis, 24. Pyramis, 25. Culmen (pars caudalis), 26. Hemispher cerebellaris lateralis, 27. Sulcus cruciat.

**Çizelge 3.1.** Tam beyin silikon plastinatın yüz yüze anket çalışması.

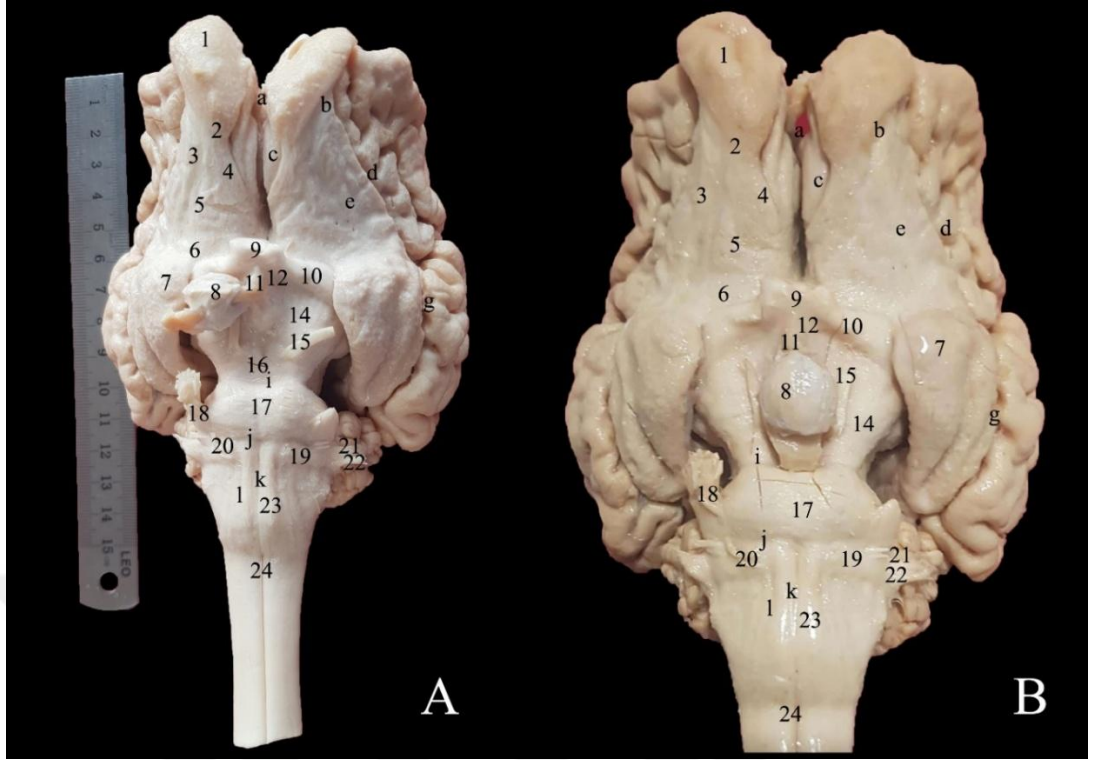
| N  | Madde                                                                                                                                                                                  | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım    | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------------|
| 1  | Kadavra olarak kullanılan sığır beyinlerindeki anatomik yapılar, silikon plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.                                              | 0                       | 2<br>(%1,9)         | 2<br>(%1,9)   | 22<br>(%20,4)      | 82<br>(%75,9)          |
| 2  | Silikon plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış tam beyin, organın doğal anatomik hacmini yansıtmaktadır.                                                                                  | 17<br>(%15,7)           | 55<br>(%50,9)       | 14<br>(%13)   | 16<br>(%14,8)      | 6<br>(%5,6)            |
| 3  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                                                                   | 4<br>(%3,7)             | 3<br>(%2,8)         | 9<br>(%8,3)   | 55<br>(%50,9)      | 37<br>(34,3%)          |
| 4  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyinde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                                                                   | 12<br>(%11,1)           | 39<br>(%36,1)       | 27<br>(%25)   | 21<br>(%19,4)      | 9<br>(%8,3)            |
| 5  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, doku ve organların dokusal özelliklerini (elastikiyet, sertlik) göstermektedir.                                                        | 44<br>(%40,7)           | 27<br>(%25)         | 18<br>(%16,7) | 10<br>(%9,3)       | 9<br>(%8,3)            |
| 6  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin sayesinde, kadavra beyinlerde oluşabilecek kötü koku, mikrobiyolojik kontaminasyon veya biyolojik kirliliğinin önüne geçilebilir.       | 4<br>(%3,7)             | 0<br>(0%)           | 9<br>(%8,3)   | 13<br>(%12)        | 82<br>(%75,9)          |
| 7  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, inceleme, çalışma rahatlığı yönünden karşılaştırıldığında kadavra beyinlere göre daha kullanışlıdır.                                   | 2<br>(%1,9)             | 12<br>(%11,1)       | 12<br>(%11,1) | 29<br>(%26,9)      | 53<br>(%49,1)          |
| 8  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, anatomi uygulama derslerinde, kadavra beyinler ile birlikte bulunmalıdır.                                                              | 0                       | 4<br>(%3,7)         | 12<br>(%11,1) | 17<br>(%15,7)      | 75<br>(%69,4)          |
| 9  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, uygulama derslerinde kadavra beyin kullanımını sayıca azalttığı için “Azaltma (Reduction)” ilkesine uygundur.                          | 2<br>(%1,9)             | 6<br>(%5,6)         | 13<br>(%12)   | 26<br>(%24,1)      | 61<br>(%56,5)          |
| 10 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, kullanılan hayvan ve kadavra sayısının azalması yönünden, öğrencilerin kendilerini ahlaki ve vicdani olarak rahat hissetmesini sağlar. | 6<br>(%5,6)             | 7<br>(%6,5)         | 10<br>(%9,3)  | 16<br>(%14,8)      | 69<br>(%63,9)          |

**Çizelge 3.2.** Tam beyin silikon plastinatın çevrimiçi anket çalışması.

| N | Madde                                                                                                                                      | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım    | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------------|
| 1 | Kadavra olarak kullanılan sığır beyinlerindeki anatomik yapılar, silikon plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.  | 2<br>(%1,5)             | 9<br>(%6,9)         | 8<br>(%6,1)   | 25<br>(%19,1)      | 87<br>(%66,4)          |
| 2 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                       | 2<br>(%1,5)             | 17<br>(%13)         | 11<br>(%8,4)  | 24<br>(%18,3)      | 77<br>(%58,8)          |
| 3 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyinde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                       | 3<br>(%2,3)             | 58<br>(%44,3)       | 16<br>(%12,2) | 20<br>(%15,3)      | 34<br>(%26)            |
| 4 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, kadavra beyinlerin anatomik özelliklerini anlamak için etkin öğrenim materyalleridir.      | 4<br>(%3,1)             | 8<br>(%6,1)         | 5<br>(%3,8)   | 15<br>(%11,5)      | 99<br>(%75,6)          |
| 5 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış tam beyin, inceleme, çalışma yönünden karşılaştırıldığında kadavra beyinlere göre daha kullanışlıdır. | 4<br>(%3,1)             | 24<br>(%18,3)       | 10<br>(%7,6)  | 26<br>(%19,8)      | 67<br>(%51,1)          |



**Şekil 3.2.** Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (lateral görünüm), A, plastinasyon öncesi, B, plastinasyon sonrası. 1. Fissura sylvia, 2. Sulcus rhinalis lateralis (pars rostralis and caudalis), 3. Sulcus proreus, 4. Sulcus presylvius, 5. Insula, 6. Sulcus ectosylvius caudalis, 7. Sulcus suprasylvius medius, 8. Sulcus suprasylvius rostralis, 9. Sulcus suprasylvius caudalis, 10. Sulcus endorhinalis, 12. Bulbus olfactorius, 11. Pedunculus olfactorius, 13. Tractus olfactorius lateralis, 14. Trigonum olfactorium, 15. Lobus piriformis, 16. Hypophysis, 17. Infundibulum, 18. Tractus opticus, 19. N. oculomotorius, 20. N. trigeminus, 21. N. abducens, 22. N. facialis ve N. vestibulocochlearis, 23. Corpus mamillare, 24. Corpus geniculatum laterale, 25. Sulcus ectosylvius rostralis, 26. Gyrus sylvius medius, 27. Gyrus sylvius rostralis, 28. Pedunculus cerebellaris medius, 29. N. trochlearis, 30. Pons, 31. Gyrus sylvius caudalis, 32. Corpus trapezoideum, 33. Uvula, 34. Lobulus simplex, 35. Pyramis, 36. Lobulus paramedianus, 37. Lobulus ansiformis, 38. Crus cerebri.



**Şekil 3.3.** Silikon plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin (ventral görünüm), A, plastinasyon öncesi, B, plastinasyon sonrası. 1. Bulbus olfactorius, 2. Pedunculus olfactorius, 3. Tractus olfactorius lateralis, 4. Tractus olfactorius medialis, 5. Trigonum olfactorium, 6. Gyrus diagonalis, 7. Lobus piriformis, 8. Hypophysis, 9. Chiasma opticum, 10. Tractus opticus, 11. Infundibulum, 12. Tuber cinereum, 13. Corpus mamillare, 14. Crus cerebri, 15. N. oculomotorius, 16. Fossa interpeduncularis, 17. Pons, 18. N. trigeminus, 19. Corpus trapezoideum, 20. N. abducens, 21. N. facialis, 22. N. vestibulocochlearis, 23. Pyramis medulla oblongata, 24. Decussatio pyramidum, a-) Fissura longitudinalis cerebri, b-) Sulcus limitans bulbi olfactorii, c-) Sulcus rhinalis medialis, d-) Sulcus rhinalis lateralis (pars rostralis), e-) Sulcus endorhinalis, g-) Sulcus rhinalis lateralis (pars caudalis), i-) Sulcus pontocruralis, j-) Sulcus pontobulbaris, k-) Fissura mediana ventralis l. Sulcus basilaris.

### 3.2. Silikon ve Polyester Plastine Edilmiş Kesit Beyin

Silikon plastine edilmiş kesit beyin için iki beyinden 4 mm kalınlığında koroner olarak dilimlenmiş toplam 33 dilim S10B plastinasyonu elde edildi. Polyester plastinasyon için bir beyin 2,5 mm kalınlığında koroner olarak dilimlenerek 19 dilim elde edildi. Beyin dilimlerinin silikon polimer ile plastinasyonu bir ay bir hafta, polyester polimer ile plastinasyonu ise iki hafta sürdü. Plastinasyondan önce ve sonra, dilimlerin anatomik yapısı ve rengi birbirine benzemektedir. Plastine edilmiş dilimlerin enine görünümünde, anatomik detayların,

plastinasyon öncesi dilimlerin enine görünümünde olduğundan daha belirgin olduğu saptandı. Plastine dilimler üzerinde, beyaz ve gri madde arasında iyi bir kontrast gözlemlendi.

Bulbus olfactorius, beyaz ve gri madde, bulbus olfactorius, ventriculus lateralis seviyesindeki enine kesitli plastine beyin boşluklarında bulunan anatomik yapılar iyi bir şekilde tanımlandı. Trigonum olfactorium seviyesindeki kesitlere bakıldığında, anatomik yapılar plastine kesitlerde de nispeten daha belirgindi. Ventriculus lateralis'e yakın bir konumda bulun claustrum ve nucleus caudatus tanındı. Putamen ve globus pallidus da kolayca ayırt edilebilmekteydi, sınırları capsula interna ve capsula externa ile belirlenmekteydi. Ayrıca, tüm corpus callosum ve fornix iyi bir şekilde görüntülendi (Şekil 3.4, Şekil 3.8). Trigonum olfactorium seviyesinde kesilmiş beyinde belirgin olan anatomik detaylar, aynı şekilde gyrus diagonalis seviyesinde kesilmiş beyinde de görselleştirildi. Buna ek olarak, commissura rostralis ve chiasma opticus çok net bir şekilde görüldü (Şekil 3.5, Şekil 3.6). Capsula interna ve capsula extrema, claustrum, nucleus caudatus ve putamen çok küçülmüş olmakla birlikte, transversal beyin kesitlerinde corpus mamillare düzeyinde hala görülebilmekteydi (Şekil 3.7, Şekil 3.8). Ayrıca thalamus, lobus piriformis, aquaeductus cerebri ve ventriculus tertius da bu seviyede görülebilir. Bu anatomik yapıları crus cerebri seviyesinde yapılan kesitte görmenin daha kolay olduğu gözlemlendi (Şekil 3.9).

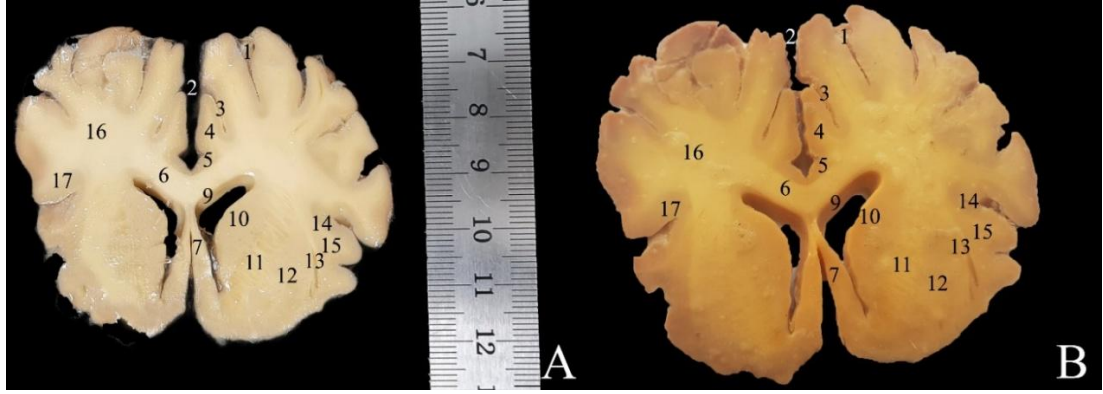
Genel olarak, öğrencilerin enine kesitlerde bulunan anatomik yapılara ilişkin değerlendirmeleri, silikonla plastine edilmiş dilimlerde plastine edilmemiş dilimlere göre nispeten daha belirgin olduğu yönündeydi. Bu dilimlenmiş beyin örneklerinin hem çevrimiçi hem de yüz yüze nöroanatomî eğitimi için etkinliği Çizelge 3.3-Çizelge 3.9'de özetlendi.

**Çizelge 3.3.** Kesit beyin silikon plastinatın yüz yüze anket çalışması.

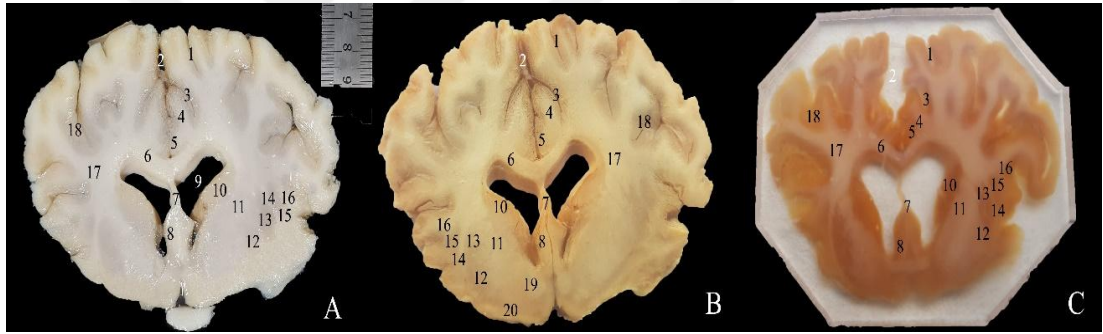
| N  | Madde                                                                                                                                                                         | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım    | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------------|
| 1  | Kadavra olarak kullanılan kesit sıgır beyinlerindeki anatomik yapılar, Silikon plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.                               | 1<br>(%0,9)             | 3<br>(%2,8)         | 10<br>(%9,3)  | 21<br>(%19,4)      | 73<br>(%67,6)          |
| 2  | Slikon ile plastine edilmiş kesitlerde gri ve beyaz madde formolinle muhafaza edilmiş kesitlere göre daha iyi contrast sunmaktadır.                                           | 1<br>(%0,9)             | 3<br>(%2,8)         | 6<br>(%5,6)   | 21<br>(%19,4)      | 77<br>(%71,3)          |
| 3  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyin örnekler, kadavra beyinlerin anatomik özelliklerini anlamak için etkin öğrenim materyalleridir.                              | 2<br>(%1,9)             | 1<br>(%0,9)         | 8<br>(%7,4)   | 30<br>(%27,8)      | 67<br>(%62)            |
| 4  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinler, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                                                     | 2<br>(%1,9)             | 5<br>(%4,6)         | 13<br>(%12)   | 51<br>(%47,2)      | 37<br>(%34,3)          |
| 5  | Plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış kesit beyinler, organın doğal anatomik hacmini yansıtmaktadır.                                                                            | 3<br>(%2,8)             | 47<br>(%43,5)       | 17<br>(%15,7) | 20<br>(%18,5)      | 21<br>(%19,4)          |
| 6  | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinlerde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                                                     | 8<br>(%7,4)             | 43<br>(%39,8)       | 27<br>(%25)   | 17<br>(%15,5)      | 13<br>(%12)            |
| 7  | Plastinasyon ile hazırlanmış kesit örnekler, doku ve organların dokunsal özelliklerini (elastikiyet, sertlik) göstermektedir.                                                 | 14<br>(%13)             | 56<br>(%51,9)       | 15<br>(%13,9) | 13<br>(%12)        | 10<br>(%9,3)           |
| 8  | Plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinler sayesinde, kadavra beyinlerde oluşabilecek kötü koku, mikrobiyolojik kontaminasyon veya biyolojik kirliliğinin önüne geçilebilir. | 3<br>(%2,8)             | 5<br>(%4,6)         | 4<br>(%3,7)   | 19<br>(%17,6)      | 77<br>(%71,3)          |
| 9  | Plastinasyon ile hazırlanmış kesit örnekler, anatomi uygulama derslerinde, kadavra beyinler ile birlikte bulunmalıdır.                                                        | 1<br>(%0,9)             | 2<br>(%1,9)         | 6<br>(%5,6)   | 29<br>(%26,9)      | 70<br>(%64,8)          |
| 10 | Silikon plastine edilmiş kesitler, evde kendi kendine çalışma konusunda destekleyici ve çok faydalı olabilir.                                                                 | 6<br>(%5,6)             | 2<br>(1,9%)         | 9<br>(%8,3)   | 17<br>(%15,7)      | 74<br>(%68,5)          |

**Çizelge 3.4.** Kesit beyin polyester plastinatının yüz yüze anket çalışması.

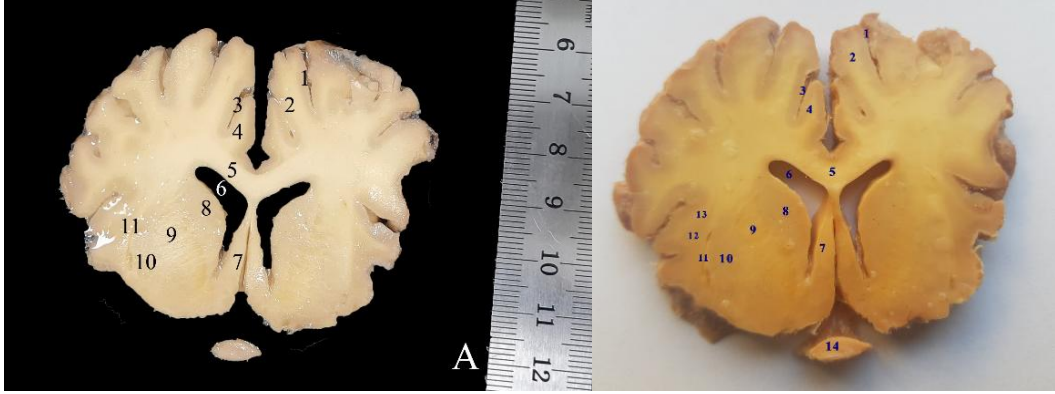
| N | Madde                                                                                                                                                                      | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım    | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------------|
| 1 | Kadavra olarak kullanılan kesit sığır beyinlerindeki anatomik yapılar, Polyester plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.                          | 1<br>(%0,9)             | 6<br>(%5,6)         | 5<br>(%4,6)   | 26<br>(%24,1)      | 70<br>(%64,8)          |
| 2 | Slikon ile plastine edilmiş kesitlerde gri ve beyaz madde formolinle muhafaza edilmiş kesitlere göre daha iyi contrast sunmaktadır.                                        | 1<br>(%0,9)             | 7<br>(%6,5)         | 9<br>(%8,3)   | 24<br>(%22,2)      | 67<br>(%62)            |
| 3 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyin örnekler, kadavra beyinlerin anatomik özelliklerini anlamak için etkin öğrenim materyalleridir.                         | 2<br>(%1,9)             | 9<br>(%8,3)         | 11<br>(%10,2) | 34<br>(%31,5)      | 52<br>(%48,1)          |
| 4 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinler, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                                                | 3<br>(%2,8)             | 17<br>(%15,7)       | 26<br>(%24,1) | 44<br>(%40,7)      | 18<br>(%16,7)          |
| 5 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinlerde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                                                | 13<br>(%12)             | 23<br>(%21,3)       | 25<br>(%23,1) | 35<br>(%32,4)      | 12<br>(%11,1)          |
| 6 | Polyester ile hazırlanmış kesit örnekler, doku ve organların dokusal özelliklerini (elastikiyet, sertlik) göstermektedir.                                                  | 73<br>(%67,6)           | 21<br>(%19,4)       | 9<br>(%8,3)   | 3<br>(%2,8)        | 2<br>(%1,9)            |
| 7 | Polyester ile hazırlanmış kesit beyinler sayesinde, kadavra beyinlerde oluşabilecek kötü koku, mikrobiyolojik kontaminasyon veya biyolojik kirliliğinin önüne geçilebilir. | 4<br>(%3,7)             | 13<br>(%12)         | 7<br>(%6,5)   | 17<br>(%15,7)      | 67<br>(% 62)           |
| 8 | Polyester ile hazırlanmış kesit örnekler, anatomi uygulama derslerinde, kadavra beyinler ile birlikte bulunmalıdır.                                                        | 2<br>(%1,9)             | 40<br>(%37)         | 12<br>(%11,1) | 44<br>(40,7%)      | 10<br>(%9,3)           |
| 9 | Polyester plastine edilmiş kesitler, evde kendi kendine çalışma konusunda destekleyici ve çok faydalı olabilir.                                                            | 3<br>(%2,8)             | 15<br>(%13,9)       | 9<br>(%8,3)   | 13<br>(%12)        | 68<br>(%63)            |



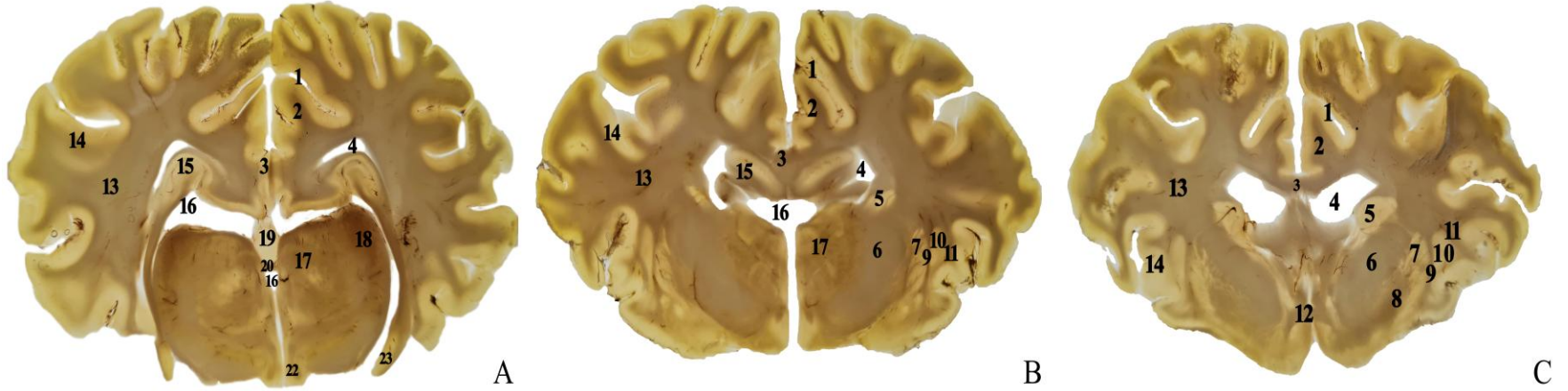
**Şekil 3.4.** Trigonum olfactorium seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü. A, plastinasyondan önce, B, plastinasyondan sonra. 1. Sulcus ansatus, 2. Fissura longitudinalis cerebri, 3. Sulcus cinguli, 4. Cingulum, 5. Sulcus corporis callosi, 6. Corpus callosum, 7. Septum cellulare 9. Ventriculus lateralis, 10. Nucleus caudatus, 11. Capsula interna, 12. Nucleus lentiformis, 13. Capsula externa, 14. Capsula extrema 15. Claustrum, 16. Substantia alba, 17. Substantia grisea.



**Şekil 3.5.** Trigonum olfactorium seviyesinde dilimlenmiş beynin plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü. A, plastinasyon öncesi, B, silikon plastinasyon, C, polyester plastinasyon. 1. Sulcus ansatus, 2. Fissura longitudinalis cerebri, 3. Sulcus cinguli, 4. Cingulum, 5. Sulcus corporis callosi, 6. Corpus callosum, 7. Genu corporis callosi, 8. Septum cellulare, 9. Ventriculus lateralis, 10. Nucleus caudatus, 11. Capsula interna, 12. Globus pallidus, 13. Putamen, 14. Capsula externa, 15. Claustrum, 16. Capsula extrema, 17. Substantia alba, 18. Substantia grisea, 19. Commissura rostralis.



**Şekil 3.6.** Chiasma opticum seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü. A, plastinasyondan önce, B, plastinasyondan sonra. 1. Sulcus ectomarginalis, 2. Gyrus marginalis 3. Sulcus cinguli, 4. Cingulum, 5. Corpus callosum, 6. Ventriculus lateralis, 7. Septum cellulare, 8. Nucleus caudatus 9. Capsula interna 10. Nucleus lentiformis 11. Capsula externa, 12. Claustrum, 13. Capsula extrema, 14. Chiasma opticum.



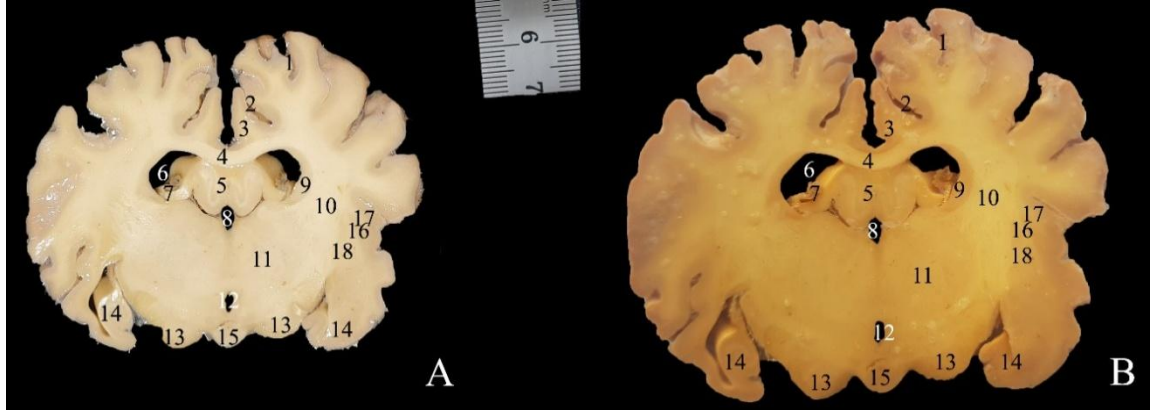
**Şekil 3.7.** Farklı seviyelerde dilimlenmiş beyin polyester plastinasyonu. A, B, Corpus mamillare seviyesinde C, Trigonum olfactorium seviyesinde. 1. Sulcus cingula, 2. Cingulum, 3. Corpus callosum, 4. Ventriculus lateralis, 5. Nucleus caudatus, 6. Capsula interna, 7. Putamen, 8. Globus pallidus, 9. Capsula externa, 10. Claustrum, 11. Capsula extrema, 12. Commisura rostralis, 13. Substantia alba, 14. Substantia grisea, 15. Formatio hippocampi (dorsal), 16. Ventriculus tertius, 17. Thalamus, 18. Nucleus geniculatus lateralis, 19. Glandula pinealis, 20. Commisura caudalis, 22. Corpus mamillare, 23. Lobus piriformis.

**Çizelge 3.5.** Kesit beyin silikon plastinatının çevrimiçi anket çalışması.

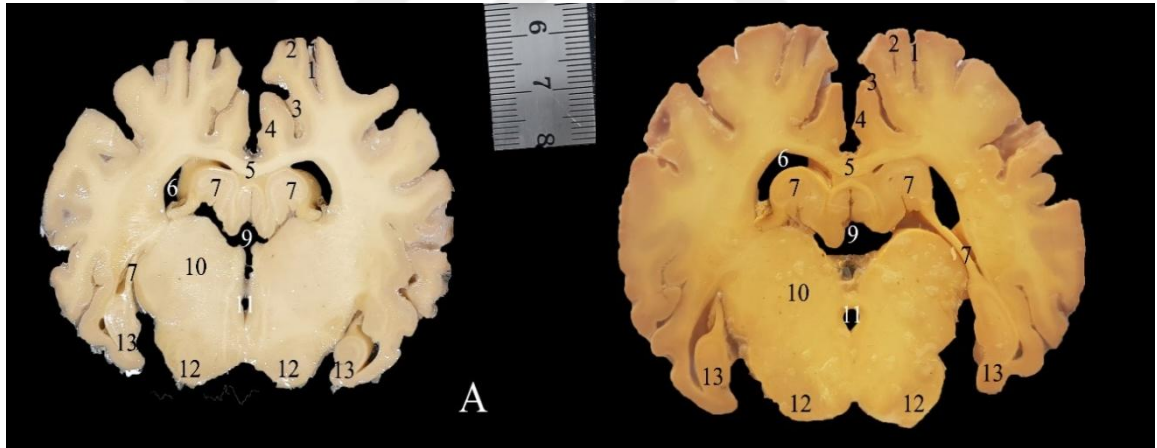
| N | Madde                                                                                                                                                                                                  | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım   | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------|------------------------|
| 1 | Kadavra olarak kullanılan kesit sıgır beyinlerindeki anatomik yapılar, silikon plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.                                                        | 0                       | 8<br>(%6,1)         | 4<br>(%3,1)  | 30<br>(%22,9)      | 89<br>(%67,9)          |
| 2 | Slikon ile plastine edilmiş kesitlerde gri ve beyaz madde formolinle muhafaza edilmiş kesitlere göre daha iyi contrast sunmaktadır.                                                                    | 0                       | 21<br>(%16)         | 8<br>(%6,1)  | 70<br>(%53,4)      | 32<br>(%24,4)          |
| 3 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyin örnekler, kadavra beyinlerin anatomik özelliklerini anlamak için etkin öğrenim materyalleridir.                                                       | 0                       | 32<br>(%24,4)       | 10<br>(%7,6) | 18<br>(%13,7)      | 71<br>(%54,2)          |
| 4 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinler, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                                                                              | 3<br>(%2,3)             | 31<br>(%23,7)       | 12<br>(%9,2) | 30<br>(%22,9)      | 55<br>(%42)            |
| 5 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinlerde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                                                                              | 67<br>(%51,1)           | 16<br>(%12,2)       | 13<br>(%9,9) | 31<br>(%23,7)      | 4<br>(%3,1)            |
| 6 | Silikon plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyin örnekler, çevrimiçi derslerinde kadavra kullanımı yerine başka bir alternatif geliştirdiği için “Başka Şey Kullanma (Replacement)” ilkesine uygundur. | 9<br>(%6,9)             | 0                   | 9<br>(%6,9)  | 28<br>(%21,4)      | 85<br>(%64,9)          |
| 7 | Silikon plastine edilmiş kesitler, evde kendi kendine çalışma konusunda destekleyici ve çok faydalı olabilir.                                                                                          | 6<br>(%4,6)             | 0                   | 10<br>(%7,6) | 21<br>(%16)        | 94<br>(%71)            |

**Çizelge 3.6.** Kesit beyin polyester plastinatının çevrimiçi anket çalışması.

| N | Madde                                                                                                                                              | Kesinlikle Katılmıyorum | Kısmen Katılmıyorum | Kararsızım     | Kısmen Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|----------------|--------------------|------------------------|
| 1 | Kadavra olarak kullanılan kesit sıgır beyinlerindeki anatomik yapılar, polyester plastinasyon tekniğiyle hazırlanmış örneklerde de görülmektedir.  | 6<br>(%4,6)             | 8<br>(%6,1)         | 9<br>(%6,9)    | 24<br>(%18,3)      | 84<br>(%64,1)          |
| 2 | Slikon ile plastine edilmiş kesitlerde gri ve beyaz madde formolinle muhafaza edilmiş kesitlere göre daha iyi contrast sunmaktadır.                | 8<br>(%6,1)             | 10<br>(%7,6)        | 10<br>(%7,6)   | 29<br>(%22,1)      | 74<br>(%56,5)          |
| 3 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyin örnekler, kadavra beyinlerin anatomik özelliklerini anlamak için etkin öğrenim materyalleridir. | 3<br>(% 2,3)            | 45<br>(% 34,4)      | 12<br>(% 9,2)  | 18<br>(% 13,7)     | 53<br>(% 40,5)         |
| 4 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinler, anatomik yapıların doğal şekillerini göstermektedir.                                        | 7<br>(%5,3)             | 32<br>(%24,4)       | 16<br>(%12,2)  | 40<br>(%20,5)      | 36<br>(%27,4)          |
| 5 | Polyester plastinasyon ile hazırlanmış kesit beyinlerde, organın doğal rengi izlenmektedir.                                                        | 17<br>(% 13)            | 45<br>(% 34,4)      | 29<br>(% 22,1) | 35<br>(% 26,7)     | 5<br>(%3,8)            |
| 6 | Polyester ile hazırlanmış kesit örnekler, anatomi uygulama derslerinde, kadavra beyinler ile birlikte bulunmalıdır.                                | 1<br>(%0,8)             | 40<br>(%30,5)       | 11<br>(%8,4)   | 10<br>(%7,6)       | 69<br>(%52,7)          |
| 7 | Polyester plastine edilmiş kesitler, evde kendi kendine çalışma konusunda destekleyici ve çok faydalı olabilir.                                    | 1<br>(%0,8)             | 20<br>(%15,2)       | 13<br>(%9,9)   | 24<br>(%18,3)      | 73<br>(%55,7)          |



**Şekil 3.8.** Corpus mamillare seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü. A, plastinasyondan önce, B, plastinasyondan sonra. 1. Sulcus endomarginalis 2. Sulcus cinguli, 3. Cingulum, 4. Corpus callosum, 5. Formatio hippocampi (dorsal), 6. Ventriculus lateralis, 7. Gyrus dentatus, 8. Ventriculus tertius 9. Nucleus caudatus, 10. Capsula interna, 11. Thalamus, 12. Aqueductus mesencephali, 13. Crus cerebri, 14. Lobus piriformis, 15. Corpus mamillare, 16. Capsula externa, 17. Capsula extrema, 18. Nucleus lentiformis.



**Şekil 3.9.** Crus cerebri seviyesinde dilimlenmiş beynin silikon plastinasyon öncesi ve sonrası görünüşü. A, plastinasyondan önce, B, plastinasyondan sonra. 1. Sulcus endomarginalis 2. Gyrus-endomarginalis 3. Sulcus cinguli, 4. Cingulum, 5. Corpus callosum, 6. Ventriculus lateralis, 7. Formatio hippocampi (dorsal), 8. Nucleus caudatus 9. Ventriculus tertius 10. Thalamus, 11. Aqueductus mesencephali, 12. Crus cerebri, 13. Lobus piriformis.

#### 4. TARTIŞMA

Veteriner hekimlik alanında anatomi, en temel konulardan biri olarak kabul edilmektedir. Öğrencilerin doğru bir şekilde eğitilebilmesi için, konunun iyi korunmuş örneklerine her zaman ihtiyaç duyulmaktadır (Pal ve ark., 2022). Son yıllarda nöroanatomiye plastinasyon tekniğinin hızla gelişmesi, nörolojik örneklerin korunmasında en güncel ve önemli yaklaşımlardan biri olduğunu göstermektedir (Ekim, 2022; Fruhstorfer ve ark., 2011). Bu çalışmada, veteriner anatomi dersi alan birinci sınıf veteriner hekimliği öğrencilerine silikon polimer ile plastine edilmiş tam bir beyin yanı sıra, enine kesit alınmış silikon plastine ve polyester plastine beyin dilimleri gösterilmiştir.

Plastine edilmiş örneklerin öğretim ve öğrenim aracı olarak etkinliğini değerlendiren araştırma sayısı az olsa da, katılımcıların plastine örneklerin kullanımına olumlu yanıt verdiği görülmüştür (Latorre ve ark., 2007; Purinton, 1991; Tamura ve ark., 2014). Bu çalışmada, hazırlanan öğretim materyalini, yüz yüze (%75,9) ve çevrimiçi (%66,4) olarak değerlendiren öğrencilerin çoğunluğu, silikonla plastine edilmiş tam beyin, formalinle korunmuş tam beyinden daha fazla görünür anatomik ayrıntıya sahip olduğuna kesinlikle katılmıştır. Plastinasyon, gyrus ve sulcus dahil olmak üzere dorsal kısımların yanı sıra ventral kısımlar ve tam beyin lateral taraflarındaki anatomik yapıyı oldukça iyi korumuştur. Benzer şekilde, katılımcıların örneklere ilişkin yüz yüze (%50,9) ve çevrimiçi (%58,8) değerlendirmelerinde belirlendiği üzere, plastine edilmiş tam beyinler, beyin anatomik yapılarının doğal şekillerini sergilemektedir. Öğrencilerin ifadelerine göre, hypophysis gibi bazı anatomik yapılar silikonla plastine edilmiş tam beyinde bulunurken, bu yapıların formalinle korunmuş tam beyinde bulunması zordur. Bu, plastine edilmiş tam beyin, ilişkili anatomik özellikleri ortaya çıkarabildiği için formalinle korunmuş beyine göre yapıların daha net olduğunu düşündürmektedir. Diğer organlarla kıyaslandığında, beyin hasar görme, kırılma veya parçalanma olasılığı çok daha yüksektir. Yüksek lipid içeriği nedeniyle, sabitlenmiş beyinler ve omurilikler bile hızla ezilir veya hasar görür. Bu durum, merkezi sinir sistemi

üzerinde uygulama yapmayı ve öğrencilere sağlıklı bir eğitim vermeyi zorlaştırmaktadır (Heslga ve Delerkauf, 1962; Jain ve ark., 2014; Schoenfeld-Tacher ve ark., 2017; Szirmai, 2012; Tomalty, 2019). Latore ve ark. (2007), anatomi öğretiminde bir kaynak olarak çeşitli plastine organların etkinliğini araştırmış ve hem öğrencilerin hem de eğitmenlerin plastine organları anatomi öğretimi/öğrenimi için formalinle korunmuş organlardan daha faydalı bulunduğunu ortaya koymuştur. Çeşitli ülkelerde birçok bilim insanı benzer araştırmalar bildirmiştir (Akamatsu ve ark., 2019; Bhandari ve ark., 2016; Fruhstorfer ve ark., 2011; Klaus ve ark., 2018; McRae ve ark., 2015; Tamura ve ark., 2014).

Yapılan çalışmada öğrencilerin verdiği yanıtlara göre, plastinat materyalleri tercih etmelerinin bir diğer nedeni de plastine edilmiş tam beyinlerde formalinle korunmuş beyinlerde bulunan hoş olmayan kokuların (%75,9) bulunmaması ve bunun da plastine edilmiş tam beyinlerle çalışmayı kolaylaştırmasıdır (%49,1 yüz yüze ve %51,1 çevrimiçi). Literatürde elde edilen sonuçlara benzer değerlendirmelerin olması elde edilen anket sonuçlarını desteklemektedir (Akgün ve ark., 2019; Ekim ve ark., 2017; Ottone ve ark., 2016; Ravikumar, 2014; Schoenfeld-Tacher ve ark., 2017; Suganthy ve Francis, 2012).

Öte yandan öğrenciler plastinasyonun dezavantajlarına dikkat çekmiştir. Yanıtlarına göre, plastine edilmiş tam beynin küçüldüğü (%50,9 yüz yüze), renk değişikliği gösterdiği (%36,1 yüz yüze ve %44,3 çevrimiçi) ve daha az esnek veya sert olduğu (%40,7) konusunda hemfikirdirler. Bu bakış açısı Malezya'daki bir okulun plastinatlarla yaşadığı deneyimlerle (Mansor, 1996) ve Hindistan'daki Christian Medical College'ın yaşadığı deneyimlerle (Suganthy ve Francis, 2012) karşılaştırılabilir. Plastinasyon sürecinde bir dereceye kadar küçülme göz önünde bulundurulmalıdır (von Hagens ve ark., 1987). Önceki çalışmalarda plastinasyon sırasında örneklerin formalin ile fikse edilmesinin büzülmeyi artırdığı (Pendovski ve ark., 2004; Sagoo ve Adds, 2013; Baygeldi ve ark. 2022), yeterince dehidre edilmemiş örneklerde, ise polimerin hücrelere ve interstisyuma optimum miktarda girememesi nedeniyle örneklerin küçülebildiği bildirilmiştir (Henry ve ark., 2019). Bununla birlikte, yakın zamanda yapılan bir çalışmada, doku büzülme miktarını

azaltmak için en etkili yöntemin düşük viskoziteli silikon ile plastinasyon yapmak olacağını öne sürülmüştür (Monteiro ve ark., 2022). Ayrıca literatürde plastinasyon işleminin bir sonucu olarak organda meydana gelen renk değişiminin olası nedenleri hakkında yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, renk değişiminin formalin fiksasyonundan (Baygeldi ve ark., 2022; Pendovski ve ark., 2004; Sagoo ve Addis, 2013), dehidrasyon aşamalarından (Henry ve ark., 2019; McCreary ve ark., 2013) ve empregnasyon aşamasından (Bakici ve ark., 2019; Henry ve ark., 2019) kaynaklanabileceğini bildirilmiştir. Yapılan bu çalışma sırasında tam beyin plastinatında görülen az miktardaki renk değişiminin, birincil faktör olarak emprenyasyondan kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

Plastinasyon anketlerine katılanların belirttiği diğer bir dezavantaj da plastinatların sertliğidir. Fruhstorfer ve ark. (2011), daha önceki bir çalışmada, plastinasyonun en önemli dezavantajının plastinat örneklerinin sertliği olduğunu gözlemlemişler ve bunu da plastinatlar üzerine bir anket çalışması yaparak ortaya çıkarmışlardır. Bu araştırmanın sonuçları, Fruhstorfer ve ark. (2011)'nin elde ettiği bulgularla tutarlıdır.

Eğitim, araştırma ve hücre sel ya da moleküler çalışmalar için plastine örneklerin kullanımının daha kolay olduğu ve gerekli kadavra sayısını azalttığı bildirilmektedir (Renukaradya ve ark., 2018). Dolaylı olarak da bu durumda kullanılan toplam hayvan sayısını azalttığından bahsedilmektedir (Ameko ve ark., 2013; Ravikumar, 2014; Schoenfeld-Tacher ve ark., 2017; Yunus ve ark., 2022). Bununla birlikte literatürde plastine edilmiş örneklerin, geleneksel koruma ve diseksiyon yöntemlerinin yerini tam olarak alamayacağı ve anatomi laboratuvarlarında ve sınıflarında plastine materyal ile normal kadavranın yan yana kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (Ravikumar, 2014; Schoenfeld-Tacher ve ark., 2017; Yunus ve ark., 2022).Yapılan çalışmada ankete katılan öğrencilerin yüzde 69,4'ü anatomi uygulama derslerinde kadavra beyinlerinin yanı sıra plastinasyon yoluyla oluşturulmuş plastine örneklerinde kullanılması görüşüne kesinlikle katıldıklarını bildirmişlerdir. Buna ek olarak öğrencilerin %56,5 pratik derslerde daha az kadavra beyni kullanacakları görüşüne katılmaktadır. Sonuç olarak, plastine

edilmiş örnekler, öğrencilerin (%63,9). azalan hayvan sayısından ahlaki ve etik olarak memnun hissetmelerini mümkün kıldığı sonucunu ortaya koymuştur.

Yapılan çalışmada silikon 10B kullanılarak elde edilen beyin kesitleri iyi kalitede olup, örnekleri yüz yüze (%71,3) değerlendiren öğrencilerin kesinlikle katıldığı ve çevrimiçi (%53,4) değerlendiren öğrencilerin katıldığı gibi gri ve beyaz madde arasında iyi bir kontrast sunmaktadır. Dilimlenmiş beyin kesitlerinin silikon plastinasyonu üzerine yapılan diğer araştırmaların çoğunun bulguları elde edilen bulgularla tutarlı bulunmamıştır. Beyin dilimlerinin ilk plastinasyonu 1979'da Hagens tarafından ve ardından 1990'da Ulfing ve Wuttke tarafından gerçekleştirilmiştir (Ulfing ve Wuttke, 1990; von Hagens, 1979). Her iki bulgu grubu da insan beyninin S10 plastine edilmiş kesitlerinde gri ve beyaz madde arasında ayırım yapmanın zor olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Wadood ve ark. (2001) enine kesilmiş insan beyni dilimlerini silikon ile plastine etmiştir. Plastine edilmiş örneklerin yapışkan olduğunu ve gri ve beyaz madde arasında ayırım olmadığını görmüşlerdir. Ulfing ve Wuttke, gri ve beyaz madde arasında kontrast oluşturmak için boyanmış kesitleri plastine etmiştir (Ulfing ve Wuttke, 1990). Bu çalışmalar ile elde edilen bulgular arasındaki fark, silikonun modifikasyonu veya farklı türlerden örneklerin kullanılmış olması ile ilgili olabilir. Bu konunun daha fazla araştırılması gerekmektedir.

Çalışmamızda dilimlenmiş silikon plastinatlarda gri ve beyaz madde arasındaki ayırımın belirgin olmasının yanı sıra, enine kesit alınmış beyin plastinatlarında ek anatomik yapılar da fark edilebilmektedir. Dilimlenmiş numuneyi yüz yüze (%67,6) ve çevrimiçi (%67,9) olarak değerlendiren öğrencilerin çoğunluğu, sinir yolları ve çekirdekler de dahil olmak üzere dilimlenmiş plastinatlardaki anatomik detayların formalinle korunmuş beyin dilimlerindekilerden çok daha net olduğunu belirtmişlerdir. Suriyaprapadilok ve Withyachumnkul (1997) plastinizasyondan önce beyin dilimlerini çeşitli tekniklerle boyayarak ve S10 polimeri kullanarak oluşturdukları plastine çalışmasındada benzer bulgular elde etmiştir.

Öğrenciler dilimlenmiş beyin silikon plastinatları ile ilgili olarak belirttikleri endişelerin aynısını tam beyin silikon plastinatları için de bildirmişlerdir. Yanıtlarına göre, dilimlenmiş beyin plastinasyonu küçülmüş (%43,5), renk değiştirmiş (%39,8 yüz yüze ve %51,1 çevrimiçi) ve daha az esnek/sert olmuştur (%51,9). Bununla birlikte, anatomi uygulama derslerinde dilimlenmiş silikon plastinatların bulunmasını kesinlikle kabul etmektedirler (%64,8) ve tavsiye etmektedirler. Taze doku dilimlerinin yüzeyleri nemli ve yumuşaktır, transversal kesitli beyin dilimleri üzerinde anatomik detayları görmek zor olabilir. Örnekleri yüz yüze değerlendiren öğrencilerin %68,5'i ve çevrimiçi değerlendiren öğrencilerin %71'i enine kesit alınmış ve silikonla plastine edilmiş beyinlerle pratik yaparken rahat oldukları konusunda kesinlikle hemfikir olmuşlardır. Dolayısıyla, evde kendi kendine çalışmak için faydalı ve son derece yararlı olabileceği düşünülmektedir. Enine dilimlenmiş ve silikonla plastine edilmiş beyin örnekleri, nöroanatomik dersler için son derece yararlı eğitim yardımcıları olma potansiyeline sahiptir. Son birkaç yıl boyunca silikon plastine dilimler üzerinde yapılan araştırmaların neredeyse tamamı beyinden ziyade diğer organlara odaklanmıştır. Sravanam ve ark. (2022)'ye göre, nöroanatomik eğitimi, birbirini takip eden nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli olarak gelişmelidir.

Polyesterle plastine edilmiş enine dilimlenmiş beyin örneğinde, yüz yüze anket katılımcılarının %62'si ve çevrimiçi anket katılımcılarının %56,5'i plastine edilmiş dilimlerin gri ve beyaz madde arasında üstün kontrast ile olağanüstü kalitede olduğu konusunda hemfikirdir. Öğrencilerin yorumuna göre, polyester plastine dilimlerde gri ve beyaz madde arasındaki kontrast silikon plastine dilimlere kıyasla daha belirgindir. Gri ve beyaz madde arasındaki kontrast seviyesi polyester türüne bağlıdır. Biodur® P35'in, literatürde, gri ve beyaz maddeyi ayırt etmede mükemmel olduğu ve 4-8 mm kalınlığında sinir dokusu dilimleri oluşturmak için kullanıldığı bildirilmiştir (Henry ve Latorre, 2007). Polyester polimer P45'in ise, 2-3 mm yarı saydam beyin dilimleri ile vücut dilimleri hazırlamak için kullanıldığından söz edilirken (Sui ve Henry, 2007; Sui ve Henry, 2015) gri ve beyaz maddeyi ayırt etmede Biodur® P35 kadar iyi olmadığı bildirilmiştir (Henry ve Latorre, 2007). Ayrıca literatürde aynı durumun Biodur® p40'ın daha ince beyin dilimleri (2-3 mm

şeffaf beyin dilimleri) oluşturmak için kullanıldığı bilgisine yer verilmiştir (Henry ve Latorre, 2007). Bununla birlikte, De la Torre ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, Biodur® p40 beyin dilimlerinin gri ve beyaz maddesi arasında mükemmel kontrast sağladığı bildirilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'de üretilen polyester (Turkuaz Polyester TP160) kullanılmıştır. Oldukça berrak ve çok şeffaf olan bu polyesterin plastine edilmiş dilimler üzerinde, beyaz madde ve gri madde arasında büyük bir kontrast sağlandığı görülmüştür.. Irak'tan bir araştırmacı olan Sawad (2021), çalışmasında Turkuaz Polyester TP160 kullanmış ve yüksek kaliteli dilimler oluşturmuştur. Benzer şekilde, Bakıcı ve ark. (2023), Turkuaz Polyester TP160 ile böbreğin dayanıklı, yarı şeffaf, kesitsel dilimlerini plastine etmişlerdir. Bu nedenle, Turkuaz Polyester TP160 ile iyi kalitede ucuz polyester plastine dilimler yapmanın mümkün olduğu bu çalışma verileriyle desteklenmiştir.

Öğrencilerin ankette yer alan enine kesitli beyin plastinatları üzerindeki anatomik detayların netliğine ilişkin verdikleri yanıtlara bakıldığında, %64,8'i plastine dilimleri yüz yüze, %64,1'i ise çevrimiçi olarak değerlendirmiş ve dilimlenmiş plastinatlar üzerindeki anatomik yapıyı tanımlayabilmiştir. Diğer araştırmalarda, enine kesit alınmış beyin, p40-plastine beyin dilimleri üzerindeki anatomik detaylar incelenmiş; çok sayıda anatomik yapı mükemmel detaylar ortaya çıkarmıştır. Bazı çekirdekler ve sinir demetleri makroskopik düzeyde beyaz maddeden daha koyu görünmüştür. Bazı araştırmacılar, polyester emdirmenin dilimlere şeffaflık kazandırdığını ve bunun öğrencilere nöroanatomî öğretimi, anatomistler ve mikroskobik araştırmalar için çok önemli olabileceğini öne sürmüşlerdir (De la Torre ve ark., 2015; Mohamed ve ark., 2019).

Numuneyi yüz yüze (%53,7) ve online (%34,4) olarak değerlendiren öğrenciler, bu çalışmada üretilen polyester plastinatların renginin doğal renge benzeyip benzemediği sorusuna olumlu yanıt vermezken, plastinatların sertliği konusunda kesinlikle (%67,6) hemfikir olmuşlardır. Belirttikleri gibi, polyester plastinatların sertliği, özensiz kullandıklarında daha az zarar görecekları göz önüne alındığında avantajlı olabilir. Öğrenciler ayrıca polyester dilimli plastinatların daha faydalı olduğunu ve formalinle korunmuş dilimlerle uygulama odasında numunenin

ulaşılabilir olmasını (%40,7 yüz yüze ve 52,7 çevrimiçi) tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Polyester plastinatlar ile pratik yapmak onları rahatlatmıştır (%62). Dahası, öğrencilerin düşüncelerine göre, evde kendi kendine çalışmak için bile destekleyici ve çok yararlı olabilir (%63 yüz yüze ve %55,7 çevrimiçi). Öğrencilerin anatomi ile ilgili bilgi ve becerileri edinmeleri için öğreticilerin hem klasik hem de modern öğretim yöntemlerini kullanmaları büyük önem taşımaktadır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, elde edilen silikon-plastine tam beyinin kokusuz, kuru ve anatomik detayların üzerinde iyi koruyan bir model olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, beyin kesitleri silikon ve polyester teknikleri kullanılarak plastine edilmiştir. Bu örneklerin sadece üstün beyaz ve gri madde ayrımı sergilemekle kalmadığı, aynı zamanda formaldehit kokusu içermediği ve estetik açıdan temiz, pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu ortaya konmuştur. Plastine edilmiş örneklerin, minimum bakımla veya hiç bakım gerektirmeden uzun süre saklanabilecek eğitim materyalleri oluşturmak için bir yöntem sağladığından büyük değer taşıdığı düşünülmektedir.

Günümüzün teknolojik olarak uygun öğretim kaynakları, eğitimin genel kalitesinde bir iyileşmeye yol açacaktır. Bu da ileride daha gelişmiş eğitim örnekleri sağlayabileceğimiz konusunda güven vermektedir. Anatomi ve klinik eğitiminde, silikon plastinasyon ve polyester yöntemleriyle hazırlanan beyin, formalinle korunmuş beyine alternatif olarak veya onunla birlikte kullanılabilir.

Plastine modellerin, veteriner hekimlikte standart referans olmaya devam eden, kadavra üzerinde geleneksel gros diseksiyonla anatomi öğretimi ve öğrenimini entegre etmek için önemli eğitim ve araştırma araçları olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, plastinatlar lisans öğrencileri tarafından öğretim ve öğrenim için değerli bir kaynak olarak değerlendirilmiş ve anatomi eğitiminde farklı yöntemlerin kullanılmasının önemi teyit edilmiştir. Bununla birlikte, plastinasyonun dezavantajlarını azaltmak, diğer anatomik bölgelerin modellerini genişletmek ve öğrenme süreci üzerindeki uzun vadeli etkilerini incelemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

## ÖZET

### **Silikon ve Polyester Plastinasyon Metodu ile Hazırlanmış Sığır Beyinlerinin Yüz yüze ve Çevrimiçi Anatomi Eğitimindeki Etkinliği ve Verimliliğinin Değerlendirilmesi**

Anatomi, veteriner hekimlik alanında çalışılması gereken en temel konulardan biri olarak kabul edilir. Öğrencilerin doğru bir şekilde eğitilebilmesi için her zaman iyi muhafaza edilmiş örneklerle ihtiyaç duyulmaktadır. Nöroanatomiye plastinasyon tekniğinin son birkaç yıldaki hızlı büyümesi, nörolojik örneklerin korunması için en güncel ve temel yaklaşımlardan biri olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, silikon ve polyester plastine edilmiş sığır beyinlerinin yüz yüze ve çevrimiçi nöroanatomi eğitimindeki etkinliği ve verimliliğinin değerlendirmektir.

Toplam altı adet sığır kafası bir mezbahadan toplanmış ve Ankara Üniversitesi Veteriner Anatomi Anabilim Dalı'na nakledilmiştir. Sığır kafalarından üçü polyester plastinasyon, diğerleri ise silikon plastinasyon için kullanılmıştır. Diseksiyon için kullanılabilecek kadar kafalar soğuk hava deposunda (-18 °C) saklanmıştır. Beyin, diseksiyon yoluyla çıkarıldıktan sonra dört genel plastinasyon aşaması (örnek hazırlama, dehidrasyon, zorlu imregnasyon ve kurutma ve sertleştirme) yapılmıştır. Plastine edilmiş örnekler öğrencilere hem çevrimiçi hem de yüz yüze gösterilmiştir. Uygulama derslerini takiben, öğrencilerin hazırlanan bir anketi doldurmaları istenmiştir. Toplam 108 öğrenci plastinatları yüz yüze, 131 öğrenci ise online olarak değerlendirmiştir.

Plastinasyon öncesi ve sonrası tam beyin anatomik yapısının benzer olduğu belirlenmiştir. Öğrenciler, elde edilen tam beyinin kokusuz ve kuru olduğunu, hafif bir renk değişimi ve büzülme bulunduğunu belirtmişlerdir. Dilimlenmiş silikon ve polyester plastine örneklerle ilgili olarak, plastinasyon öncesi ve sonrası, dilimlerin anatomik yapısı ve renginin neredeyse aynı olduğu gözlenmiştir. Plastine edilmiş dilimlerin enine görünümünde, anatomik detayların plastinasyon öncesi dilimlerin enine görünümünde olduğu kadar belirgin olduğu tespit edilmiştir. Plastine dilimler üzerinde, beyaz ve gri madde arasında iyi bir kontrast gözlenmiştir. Bu materyallerin sadece beyaz ve gri madde ayrımı sergilemekle kalmadığı, aynı zamanda formaldehit kokusu taşımadıkları ve estetik açıdan temiz, pürüzsüz bir yüzeye sahip oldukları belirlenmiştir. Anatomi ve klinik eğitiminde, silikon plastinasyon ve polyester plastinasyon yöntemleriyle hazırlanan beyinlerin, formalinle korunmuş beyinlere alternatif olarak veya onlarla birlikte kullanılmasının eğitim kalitesini arttıracakı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Anatomi eğitimi, Beyin, Plastinasyon, Polyester, Silikon

## SUMMARY

### **Evaluation of the effectiveness of cattle Brains Prepared with Silicone and Polyester Plastination Method in Face-to-Face and Online Neuroanatomy Education**

Anatomy is regarded as one of the most essential subjects to study in this field of veterinary medicine. In order to properly educate students, well-preserved specimens of the subject matter are required at all times. The rapid growth of the plastination technique in neuroanatomy over the past few years shows that it is one of the most current and important approaches for preserving neurological specimens. The objective of this study was to assess the effectiveness of silicone and polyester plastinated cattle brains for face-to-face and online neuroanatomy education.

A total of six cattle heads were collected from a slaughterhouse and transported to Ankara University's department of veterinary anatomy. Three cattle heads were used for polyester plastination, while the other was for silicon plastination. Until they were used for dissection, the heads were stored in cold storage (-18 °C). After the brain was removed via dissection, the four general plastination methods (specimen preparation, dehydration, impregnation, and curing) were used. The plastinated specimens were displayed for students both online and face-to-face. Following practice, students were allowed to fill out a prepared questionnaire. A total of 108 students evaluated the plastinates face-to-face, and 131 students evaluated the plastinates online.

The anatomical structure of the whole brain before and after plastination was similar. As per the students' evaluation, the whole brain obtained was odorless and dry; a slight color change and shrinkage were observed. In respect to sliced silicone and polyester plastinated specimens, before and after plastination, the anatomical structure and color of the slices were nearly identical. On the transverse view of plastinated slices, the anatomical details were as obvious as they were on the transverse view of slices before plastination. On plastinated slices, good contrast between the white and gray matter was observed. Not only do these specimens exhibit excellent white and gray matter differentiation, but they are also free of formaldehyde odor and have an aesthetically appealing, clean, smooth surface. In anatomy and clinical education, the brain prepared by silicone plastination and polyester methods can be used as an alternative to or in combination with the formalin-preserved brain.

**Keywords:** Anatomy education, Brain, Plastination, Polyester, Silicone

## KAYNAKLAR

- ADEEB N, MORTAZAVI MM, TUBBS RS, COHEN-GADOL AA (2012). The cranial dura mater: a review of its history, embryology, and anatomy. *Child's Nervous System*, **28**(6): 827-37.
- AKAMATSU FE, ANDRADE M, HOJAIJ F, JACOMO AL (2019). Plastination helps student performance in learning cross anatomy. *The Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*, **33**: 606-16.
- AKGÜN RO, EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, AYVALI M, ORHAN İÖ, OTO Ç, ATANASOFF A (2019). Preparation of Internal Genital Organs of Adult Cows by S10B Silicone Plastination Method. *Atatürk university journal of veterinary sciences*, **14**(2): 137-141.
- AMEKO E, ACHIO S, ALHASSAN S, ALORKA S (2013). Further Studies on Plastinated Teaching Aids in Ghana, Three Bovine Hearts and Kidneys. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, **16**: 34-41.
- ALLEN SS, ROBERTS K (2002). An integrated structure-function module for first year medical students: Correlating anatomy, clinical medicine and radiology. *Medical Education*, **36**:1106–1107.
- ASPELUND A, ANTILA S, PROULX ST, KARLSEN TV, KARAMAN S, DETMAR M, WIIG H, ALITALO K (2015). A dural lymphatic vascular system that drains brain interstitial fluid and macromolecules. *The Journal of experimental medicine*, **212**(7): 991–999.
- ASPINALL V, CAPPELLO M (2020). Introduction to Animal and Veterinary Anatomy and Physiology 4<sup>th</sup> ed, CABI Publishing, UK. ISBN-13 978-1789241150.
- BAKICI C, YUNUS HA, BATUR B, EKİM O, TUNALI S (2023): Anatomical evaluation and preparation procedure of a cross-sectioned kidney plastination of a thoroughbred horse with local polyester resin. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **70** (1): 000-000. DOI: 10.33988/auvfd.1104488.
- BAKICI C, AKGÜN RO, EKİM O, İNSAL B, KAYA U, BİLGİLİ H, BUMİN A, ÇAKIR A (2019). Differentiation of Anatomic Entities in the Dog Stifle Joint Following S10B Plastination: Comparative Colorimetric and Radiological Investigations. *Acta Veterinaria*, **69**(4): 391-401.
- BAPTISTA CAC, DEJONG K, LATORRE R, BITTENCOURT A (2019). P40 polyester sheet plastination technique for brain and body slices: The vertical and horizontal flat chamber methods. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**: 572–576.
- BATARFI M, VALASEK P, KREJCI E, HUANG R, PATEL K (2017). The development and origins of vertebrate meninges. *Biological Communications*, **62** (2): 73-81.
- BAYGELDI SB, OZKAN ZE, YILMAZ S, ASLAN KANMAZ Y (2022). Silicone plastination of nasus and lingua in large ruminants with and without use of formaldehyde. *International Journal of Morphology*, **40** (4): 966-972.

- BAYGELDI SB, GÜZEL BC, ŞEKER U (2022). Colorimetric evaluation of cross - sectional silicone plastination of the total head region of sheep and deplastination of the histological sections of brain tissue. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **51**: 542–548.
- BHANDARI K, ACHARYA S, SRIVASTAVA AK, KUMARI R, NIMMAIADA HK (2016). Plastination: a new model of teaching anatomy. *International Journal of Anatomy and Research*, **4**(3): 2626-2629.
- BRENNER E (2014). Human body preservation – old and new techniques. *Journal Anatomy*, **224**: 316-44.
- BURR DB (2008). Congress Considering plastination import ban. *American Association for Anatomy*, **17**:2–5.
- CHAUHAN P, JETHWA K, RATHAWA A, CHAUHAN G, MEHRA S (2021). The Anatomy of the Hippocampus. In: Pluta R, editor. Cerebral Ischemia. Brisbane (AU): Exon Publications. ISBN: 978-0-6450017-9-2.
- CILIGA T (1968). Neopallium Formations in Canine and Feline Carnivores. *Acta Anatomica*, **69**(2): 29-35.
- CLARKE AG (1944). The Anatomy of the Meninges. *Postgraduate Medical Journal*, **20**(220): 74–78.
- COCKLE DL, BELL LS (2017). The environmental variables that impact human decomposition in terrestrially exposed contexts within Canada. *Science and Justice*, **57**: 107–17.
- DANDO SJ, MACKAY-SIM A, NORTON R, CURRIE BJ, JOHN JAS, EKBERG JAK, BATZLOFF M, ULETT GC, BEACHAM IR (2014). Pathogens Penetrating the Central Nervous System: Infection Pathways and the Cellular and Molecular Mechanisms of Invasion. *Clinical Microbiology Reviews*, **27**(4): 691–726.
- DANKO J (1991). The development and formation of the sulci on the dorsal surface of the sheep's brain. *Functional and developmental morphology*, **1**(1): 17-20.
- DAR MY, KAMAL S, MUNEEER AB, SHAHRAIZ AC (2015). Neuroanatomical structure of spinal cord: a review. *International Journal of Livestock Research*, **5**(7): 11-23.
- DA SILVA MD, CASTRO GUGLIELMI RMD, CERETA AD, MAGALHÃES HIR, RIBEIRO R R, SALAZAR JMV, MIGLINO MA (2022). New virtual platform for teaching comparative animal neuroanatomy based on metameric slices of the central nervous system. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **52**: 62-72.
- DEJONG K, HENRY RW (2007). Silicone plastination of biological tissue: cold temperature technique Biodur™ S10/S15 technique and products. *The International Society for Plastination*, **20**: 36-7.
- DE LA TORRE FR, CARRERA-BURGAYA A, BATALLER-JORDÀ F, PEDRAZA S, PUIG-CAMPS A, SAN-MOLINA J (2015). Correlation between thin sheet plastinated slices and CT and MRI images of the central nervous system. European society of

radiology, DOI: 10.1594/ecr2015/C-2490. Poster No.: C-2490 Congress:  
<https://epos.myesr.org/poster/esr/ecr2015/C-2490>.

- DE LAHUNTA A, ERIC GLASS MS, KENT, M. (2020). de Lahunta's Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology. 5th ed, Pp 23-53 ISBN: 978-0-323-69611-1 Elsevier
- DE LAHUNTA AD, GLASS E, KENT M (2008). Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology. 3rd Edition, Pp15-40 ISBN: 9780721667065.
- DENT BB, FORBES SL, STUART BH (2004). Review of human decomposition processes in soil. *Environmental Geology*, **45**: 576–585.
- DIBAL NI, GARBA SH, JACKS TW (2018). Plastinates: Possible tool for medical education in thenearfuture: mini review. *Research and Development in Medical Education*, **7**:3-7.
- DOMINIC XT, CHEUNG, A, NAVEED H, ADDS PJ (2022). Three-dimensional reconstruction of the orbital retro bulbar vasculature. *Orbit*, **41**(4): 469-475.
- DONOSO ES, SORA MC, PROBST A, BUDRAS KD, KÖNIG HE (2009). Mesoscopic structures of the equine toe demonstrated by using thin slice plastination (E12). *Wiener tierärztliche Monatsschrift*, **96**(11): 286 – 291.
- ECKEL HE, SITTEL C, WALGER M, SPRINZL G, KOEBKE, J (1993). Plastination: a new approach to morphological research and instruction with excised larynges. *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*, **102**(9): 660–665.
- EKIM O, YUNUS HA, BAKICI C, BATUR B (2022). Silicone plastination of spinal cord in cat. *Journal of Istanbul Veterinary Sciences*, **6**(2): 65-69.
- EKIM O, HAZIROĞLU RM, İNSAL B, BAKICI C, AKGUN RO, TUNALI S (2017). A modified S10B silicone plastination method for preparation and preservation of scaled reptile specimens. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **64**: 155-160.
- EKIM O (2018). Efficiency evaluation of different silicone plastination protocols applied to domestic avian specimens. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, **89**: 74-84.
- EKİM O, TUNALI S, HAZIROĞLU RM, AYVALIM (2014). Silicone plastination of kidneys in domestic mammals with cold temperature technique. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, **85**: 1-11.
- ENTIUS CAC, RIJN VAN RR, ZWAMBORN AW, KLEINRENSINK GJ, ROBBEN SGF (2004). Influence of Formaldehyde/Phenol fixation on MRI of the stifle joint and correlation with plastinated slices. *The International Society for Plastination*, **19**: 26-32.
- EZHILARASAN S, JETANTHI M, MUTHUVEL VIJAYAN K (2017). Polyester plastination of human cadaveric specimens. *Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology*, **4**(1): 26-29.
- EZHILARASAN S, JEYANTHI M (2016). Polyester plastination of whole body at room temperature innovative. *Journal of Medical and Health Science*, **6**(4): 108 – 111.

- FITZGERALD JE, WHITE MJ, TANG SW, MAXWELL-ARMSTRONG CA, JAMES DK (2008). Are we teaching sufficient anatomy at medical school? The opinions of newly qualified doctors. *Clinical anatomy*, **21**:718–724.
- FOX CH, JOHNSON FB, WHITING J, ROLLER PP (1985). Formaldehyde Fixation. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, **33**(8): 845-53.
- FRUHSTORFER BH, PALMER J, BRYDGES S, ABRAHAMS PH (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.
- FRUHSTORFER, BH, PALMER J, BRYDGES S, ABRAHAMS PH (2011). The use of plastinated prosections for teaching anatomy-The view of medical students on the value of this learning resource. *ClinicalAnatomy*, **24**: 246-252.
- GANGULY S, KUMAR V, KUMARI FN, PARA PA (2018). Preservation of Biological Specimen by Plastination Technique, Latest Trends in Zoology and Entomology Sciences (Volume I), Edition: 2018, Chapter: 3, Publisher: AkiNik Publications, Rohini, Delhi, India, (Editor, pp.30-3  
<https://www.researchgate.net/publication/322266213>, DOI: 10.22271/ed. book02.a03.
- GAO H, LIU J, YU S, SUI H (2006). A New Polyester Technique for Sheet Plastination. *Journal of plastination*, **21**:7-10.
- GHAFARI H, ESFANDIARI E, JAFARI BARMAN M, DASHTI G, SHAHRAKI A (2007). Comparison of Survey Used of Polyester Resin and Glycerin Instead of Silicon in S10 Technique of Plastination. *Armaghanj*, **12**(1) :61-68.
- GÓMEZ A, DEL PALACIO JF, LATORRE R, HENRY RW, SARRIÁ R, ALBORS OL (2012). Plastinated heart slices aid echographic interpretation in the dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, **53**(2): 197-203.
- GREENBERG RW, LANE EL, CINNAMON J, FARMER P, HYMAN RA (1994). The cranial meninges: anatomic considerations. *Seminars in ultrasound, computed tomography, and Magnetic Resonance Imaging*, **15**: 454–465.
- GRONDIN G, GRONDIN GG, TALBOT BG (1994). A study of criteria permitting the use of plastinated specimens for light and electron microscopy. *Biotechnic and Histochemistry*, **69**(4): 219-34.
- GRONDIN G (1998). Plastination: a modern approach to chiropractic teaching. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, **42**(2): 107-112.
- GÜZE BC, SAIME BB, ÖZKAN ZE (2022). Perceptions of students about the use of plastination in anatomy lessons, *Turkish Journal of Veterinary Research*, **6**(2): 67-71.
- HAYAT K, QURESHI AS, REHAN S, REHMAN T (2018). Plastination: an innovative preservative technique in anatomy. *Trends in Anatomy and Physiology*, **1**:1-10.
- HENDELMAN WJ (2000). Atlas of functional neuroanatomy. 2nd ed, ISBN 0-8493-1177-2, Boca Raton, Florida.

- HENRY RW, VON HAGENS G, SEAMANS G (2019). Cold temperature/Biodur®/S10/von Hagens' Silicone plastination technique. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**:532–538.
- HENRY RW (2007). Silicone plastination of biological tissue: cold-temperature technique: North Carolina technique and products. *Journal of International Society for Plastination*, **22**:15–19.
- HENRY RW, LARRY J, CAROL H (1997). Specimen Preparation for Silicone Plastination. *Journal of International Society for Plastination*, **12**: 13-17.
- HENRY RW, LATORRE R (2007). Polyester plastination of biological tissue: P40 technique for brain slices. *International Journal of Plastination*, **22**: 59–68.
- HENRY RW, LATORRE R (2007). Polyester Plastination of Biological Tissue: P40 Technique for Brain Slices. *Journal of the International Society for Plastination*, **22**: 59-68.
- HESLNGA FJM, DELERKAUF FA (1962). Action of formaldehydesolution on humanbrain lipids.<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/10.6.704><https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/10.6.704>. Körperwelten 2023
- IGARASHI S, KAMIYA T (1972). Atlas of the Vertebrate Brain: Morphological Evolution from Cyclostomes to Mammals. Baltimore. 7th ed University Park Press.
- İNSAL B, HAZIROĞLU RM (2011). A quantitative evaluation of color changes occurring in the muscle tissue during the stages of S10 silicone plastination technique. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **68**: 269-273.
- JADHAV A, KULKARNI PR, CHAKRE G (2016). Plastination: A novel way of preserving tissues. *AL Ameen journal of medical sciences*, **9**: 212-214.
- JAIN M, KASETTY S, SUDHEENDRA US (2014). Plastination: An Intricate and Real Display of Oral Hard and Soft Tissues Specimens. *Journal of Research and practice in dentistry*, **1**: 1-6.
- JANAWAY RC, PERCIVAL SL, WILSON AS (2009). Decomposition of Human Remains. In: Percival, S.L. (eds) Microbiology and Aging. Humana Press. [https://doi.org/10.1007/978-1-59745-327-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-59745-327-1_14).
- JONES DG, WHITAKER MI (2009). Engaging with plastination and the Body World phenomenon: A cultural and intellectual challenge for anatomists. *Clinical Anatomy*, **22**: 770-776.
- JOHNSON GM, ZHANG M (2002). Regional differences within the human supraspinous and interspinous ligaments: A sheet plastination study. *European Spine Journal*, **11**: 382-388.
- KANDEL E, SCHWARTZ J, JESSEL T (2013). Principles of Neural Science, 5th edition, McGraw-Hill, p. 982-1011.
- KAPOOR KG, KATZ SE, GRZYBOWSKI DM, LUBOW M (2008). Cerebrospinal fluid outflow: an evolving perspective. *Brain Research Bulletin*, **77**(6): 327–334.

- KLAUS RM, ROYER DF, STABIO ME, (2018). Use and perceptions of plastination among medical anatomy educators in the United States. *Clinical Anatomy*, **31**(2):282-292.
- KÖNIG HE, LIEBICH HG (2020). Veterinary anatomy of domestic mammals. Textbook and Colour Atlas. 7th ed. New York, US: Thieme.
- KÖNIG HE, GONZALEZ H (2001). Anatomical sections of the dog's head. Practical considerations in relation to modern imaging methods. *Agro-Ciencia*, **17**:37–41
- KUMAR N, DAS B, SOLANKI JB, JADAV MM, MENAKA R (2017). Plastination of macroparasites: An eco-friendly method of long-term preservation. *Veterinary World*, **10**: 1394-1400.
- KUHNEL W (2004). Statement by the Anatomische Gesellschaft on the Infamous Body-World Show of Dr Gunthervon Hagens. Plexus: Newsletter of the International Federation of Associations of Anatomists, December 2004. URL: [http://www.ifaa.net/PLEX-US\\_december\\_2004-final.pdf](http://www.ifaa.net/PLEX-US_december_2004-final.pdf) [Eriş tarihi: 06.11.2022]..
- LANG A, WIRTH G, GASSE H (2018). Review of the surface architecture of the equine neopallium: Principle elements of a cartographic pattern of sulci revisited and further elaborated. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **47**(4): 280-297.
- LATORRE R, DE JONG K, SORA MC, LÓPEZ-ALBORS O, BAPTISTA C (2019). E12 technique: Conventional epoxy resin sheet plastination. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**(6): 557-563.
- LATORRE R, GARCÍA-SANZ MP, MORENO M, HERNÁNDEZ F, GIL F, LÓPEZ O, AYALA MD, RAMÍREZ G, VÁZQUEZ JM, ARENCIBIA A, HENRY RW (2007). How useful is plastination in learning anatomy? *Journal of Veterinary Medical Education*, **34**(2):172-176.
- LATORRE R, HENRY RW, (2007). Polyester plastination of biological tissue: P40 technique for body slices. *Journal of the International Society for Plastination*, **22**: 69–77.
- LATORRE RM, REED RB, GIL F, LOPEZ-ALBORS O, AYALA MD, MARTINEZ-GOMARIZ F, HENRY RW (2002). Epoxy impregnation without hardener: To decrease yellowing, to delay casting and to aid bubble removal. *Journal of the International Society for Plastination*, **17**:17-22.
- LASKAR BA, GRAYU T, KONWAR A (2009). Biological specimen preservation. *Journal of Current Science*, **97**: 5–6.
- LEELAVATHY N, RAMKRISHNA V (2019). Jelly Wax an Alternative to Resin for Sheet Plastination. *IOSR Journal of dental and medical sciences*, **18**(2): 43-45.
- LIEVE MD, INGRID MG, SOFIE AV, PAUL JS, HENRI J (2005). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the brain in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, **66**: 1743-1757.
- LOUW GJ (1989). The development of the sulci and gyri of the bovine cerebral hemispheres. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **18**(3): 246-264.

- MACKAY RJ (2006). Anatomy and physiology of the nervous system. In: Auer JA, Stick JA. Equine surgery. 3rd ed. St. Louis: Saunders Elsevier pp, 630-641.
- MANSOR O (1996). Use of plastinated specimen in a medical school with a fully integrated curriculum. *Journal of International Society for Plastination*, **11**:16-17.
- MAYHEW IGJ, MACKAY RJ (2022). Large Animal Neurology. 3rd ed Pondicherry, India pp 3-30, ISBN: 9781119477037.
- MCRAE KE, DAVIES G, EASTEAL R, SMITH GN (2015). Creation of plastinated placentas as a novel teaching resource for medical education in obstetrics and gynaecology. *Placenta* **36**:1045-1051.
- MICHAEL JA, ROBERT BD, (2014). Encyclopedia of the Neurological Sciences, 2nd ed Academic Press, ISBN: 0123851572,9780123851574.
- MIKLOŠOVA M, MIKLOŠ V (2004). Plastination with silicone method S10—monitoring and analysis causes of failure. *Biomed Papers*, **148**: 237-238.
- MILLER JR, NADER P, CHEREMINSKIY V, VON HAGENS G, ENGSTROM MD, ILIFF S, HENRY RW (2017). The challenges of plastinating a blue whale (*Balaenoptera musculus*) heart. *Journal of Plastination*, **29**(2):22-29.
- MILLER S, PERROTTI W, SILVERTHORND, DALLEY A, RAREY K (2002). From college to clinic: reasoning over memorizations key for understanding anatomy. *Anatomy research (newanat)*, **269**: 69-80.
- MOHAMED SHKHA, EL-BEHERY EI, MAHDY EAA (2019). Computed Tomography Scan and Polyester resin 40 Plastination Technique: Teaching Aids to Illustrate Anatomical Structure of Donkey Brain. *World's Veterinary Journal*, **9**(3): 230-240.
- MONTEIRO YF, SILVA MVF, BITTENCOURT, PSV, BITTENCOURT AS (2022). Plastination with low viscosity silicone: strategy for less tissue shrinkage. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, **55**: e11962, <https://doi.org/10.1590/1414-431X2022e11962>
- NADER PB, HENRY RW, SUI HJ (2019). Plastination of larger and massive specimens with Silicone. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**: 547–551.
- NIEUWENHUYS RJ, TEN D, NICHOLSON C (1998). the Central Nervous System of Vertebrates, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 1637–2097, ISBN: 978-3-642-62127-7,978-3-642-18262-4.
- NIEUWENHUYS R, JAN V, CHRISTIAAN VN (2008). Diencephalon: Introduction and Epithalamus. In: The Human Central Nervous System. 4th ed. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-34686-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-34686-9_7).
- OGAILI R, BAKER SSM, SUI H (2018). Using of Polyester P45 Plastinated Sheet specimens in Teaching Anatomy, Pathology and Radiology Courses. *International Journal of ChemTech Research*, **11**:393-398.
- OKOYE CS, SUI HJ (2019). Updated Protocol for the Hoffen P45 Sheet Plastination Technique. *The Journal of Plastination*, **31**(2): 22-25.

- OTO Ç, Hazirolu RM (2009). Macro-anatomical investigation of encephalon in donkey *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **56**:159-164.
- OTTONE NE (2020). Micro-plastination. Technique for obtaining slices below 250 µm for the visualization of microanatomy in morphological and pathological experimental protocols. *International Journal of Morphology*, **38**(2): 389-391.
- OTTONE NE, DELSOL M, FUENTES R (2016). Report on a sheet plastination technique using commercial epoxy resin. *International Journal of Morphology*, **34**(3): 1039-1043.
- OZKADIF O, EKEN E (2012). Modernization process in veterinary anatomy education Energy Education Science and Technology Part B: *Social and Educational Studies*, **4**: 957-962
- PACZKOWSKI S, SCHÜTZ S (2011). Post-mortem volatiles of vertebrate tissue. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **91**: 917-93.
- PAL AK, BHANARKAR U, RAY B (2022). Plastination Technique and Its Impact on Medical Education. *Academia Anatomica International*, **8**(1):1-5.
- PASHAEI S (2010). A brief review on the history, methods and applications of plastination. *International Journal of Morphology*, **28**: 1075-1079.
- PATEL N, KIRMI O (2009). Anatomy and imaging of the normal meninges. *Seminars in ultrasound, computed tomography, and Magnetic Resonance Imaging*, **30**(6): 559-64.
- PASHAEI S (2010). A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Journal of Morphology*, **28**:1075-1079.
- Plastination developments <https://bodyworlds.com/plastination/developments/>, [Eriş tarihi: 05.01. 2023].
- PRASAD G, KARKERA B, PANDIT S, DESAI D, TONSE GR (2015). Preservation of Tissue by Plastination: A Review. *International Journal of Health Sciences*, **1**:27-31.
- PENDOVSKI L, PETKOV V, POPOVSKA-PERCINIC F, ILIESKI V (2008). Silicone plastination procedure for producing thin, semitransparent tissue slices: A study using the pig kidney. *Journal of International Society for Plastination*, **23**: 10-16.
- PENDOVSKI L, ILIESKI V, NIKOLOVSKI V (2004). Silicone plastination of a Malpositioned long term formalin fixed Green Iguana. *Journal of International Society for Plastination*, **19**:40-42.
- PEREIRA-SAMPAIO MA, VON HORST C, MARQUES-SAMPAIO BPS, SMODLAKA H, FAVORITO LA, SAMPAIO FJB, HENRY RW (2006). Theoretical considerations and preliminary studies on alcohol as an intermediary solvent. *International Society for Plastination*, **21**: 27-8.
- PRASAD G, KARKERA B, PANDIT S, DESAI D, TONSE RG (2015). Preservation of Tissue by Plastination: A Review. *International Journal of advances in health sciences*, **1**(11): 27-31.

- PURINTON PT (1991). Plastinated brains used with computer assisted learning modules for teaching veterinary neuroanatomy laboratories. *Journal of International Society for Plastination*, **5**(1):16-19.
- RAFTERY AT (2007). Anatomy teaching in the UK. *Surgery*, **25**:1–2.
- RAVIKUMAR C (2014). Plastination. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, **6**(8):271–273.
- REINER A, MEDINA L, VEENMAN CL (1998). Structural and functional evolution of the basal ganglia in vertebrates. *Brain research. Brain research reviews*, **28**(3): 235-85.
- REIDENBERG JS, LAITMAN JT (2002). The new face of gross anatomy. *Anatomy research*, **269**:81-8.
- RENUKARADHYA GJ, SHILPA VS, RAO RS (2018). Plastination: Through ages. *Journal of Advanced Clinical and Research Insights*, **1**: 72–74
- RIEDERER BM (2014). Plastination and its importance in teaching anatomy. Critical points for long-term preservation of human tissue. *Journal of Anatomy*, **224**: 309-315.
- ROBERT WH, LARRY J, CAROL H (1997). Specimen Preparation for Silicone Plastination. *Journal of International Society for Plastination*, **12**: 13-17.
- ROPPER A, SAMUELS M, KLEIN J (2014). Adams & Victor's Principles of Neurology, 10th ed, McGraw-Hill, p.64-80.
- SALADIN, KENETH (2012). Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function. New York, NY: McGraw Hill. p. 526. ISBN 978-0-07-337825-1.
- SAGOO MG, ADDS PJ (2013). Low temperature dehydration and room temperature impregnation of brain slices using Biodur TM S10/S3. *Journal of International Society for Plastination*, **25**: 3-8.
- SARGON MF, TATAR I (2014). Plastination: Basic principles and methodology. *Anatomy*, **8**: 13–18.
- SAWAD AA (2021). The Application of an Indigenous Polymer for the Plastination of Teaching Anatomical and Biological Specimens. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, **15**(1): 2702–2706.
- SCHMIDT MJ, PILATUS U, WIGGER A, KRAMER M, OELSCHLÄGER HA (2009). Neuroanatomy of the Calf Brain as Revealed by high-resolution magnetic resonance imaging. *Journal of Morphology*, **270**: 745–758.
- SCHMIDT MJ, LANGEN N, KLUMPP S, NASIRIMANESH F, SHIRVANCHI P, ONDREKA N, KRAMER M (2012). A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. *The Veterinary Journal*, **191**: 85–93.
- SCHOENFELD-TACHER RM, HORN TJ, SCHEVIAK TA, ROYAL KD, HUDSON LC (2017). Evaluation of 3D Additively Manufactured Canine Brain Models for Teaching Veterinary Neuroanatomy. *Journal of Veterinary Medical Education*, **44**(4): 612-619.

- SCHOEFFERT AK, (2019). Comparative Neuropathology (1962): Attending to Neuropathologies Across Multiple Species. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, **7**: 192–215. doi: 10.1093/jhmas/jrz014.
- SHIRLEY NR, WILSON RJ, JANTZ LM (2011). Cadaver use at the University of Tennessee's Anthropological Research Facility. *Clinical Anatomy*, **24**: 372-380.
- SINGH O, MISHRA BK, PANDIT S, MAHESHWAR TP, HASAN S (2013). Plastination: A Promising Method for Preserving Biological Specimens: A Review Article, *International Journal of Scientific and Research Publications*, **3**: 1-4.
- SÍTTEL C, ECKEL HE, RICKE S, STENNERT E (1997). Sheet Plastination of the Larynx for Whole-Organ Histology. *Acta Anatomica*, **158**(1): 74–80.
- SIVREV DP, HAMZA SR, DIMITROV ND, GEORGIEVA AI (2013). Using of P40 technique for brain sheet plastination. Faculty of Medicine, University of Thrace, St. Zagora, Bulgaria. UDC57  
611. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Veterenarna/article/view/4202>.
- SORA, M.C. (2016). The general protocol for the S10 technique Research and Clinical Medicine. [[https://www.resclinmed.eu/public/data\\_files/articles/12/article\\_12.pdf](https://www.resclinmed.eu/public/data_files/articles/12/article_12.pdf). [Erişi tarihi: 18.01.2023].
- SORA MC, BRUGGER PC, STROBL B (2002). Shrinkage During E12 Plastination; *Journal of the International Society for Plastination*, **17**: 23-27.
- SORA, MC, COOK P (2007). Epoxy plastination of biological tissue: E12 technique. *Journal of Plastination*, **22**: 31–99.
- SORA MC, JILAVU R, MATUSZ P (2012). Computer aided three-dimensional reconstruction and modeling of the pelvis, by using plastinated cross-sections, as a power full tool for morphological investigations. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **34**: 731-736.
- SORA MC, LATORR R, BAPTISTA C, LÓPEZ-ALBORS O (2019). Plastination—A scientific method for teaching and research. *Anatomy histology embryology*. **1**:1–6.
- SORA MC, STROBL B, RADU J (2004). High temperature E12 plastination to produce ultra-thin sheets. *Journal of International Society for Plastination*, **19**:22–25.
- SRAVANAM S, JACKLIN C, MCNELIS E, FUNG KW, XU L (2022). Twelve tips for teaching neuroanatomy, from the medical students' perspective. *Medical Teacher*, **22**:1-9.
- STANDRING S, ELLIS H, WIGLEY C (2005). Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. 41th ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone.
- STARCIK D, HENRY RW (2019). Room temperature/Corcoran/Dow Corning™—Silicone plastination process. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**: 539–546.
- STEINKE H (2001). Plastinated body slices for verification of magnetic resonance tomography images. *Annals of Anatomy*, **183**(3): 275–281.

- SUI HJ, HENRY RW (2007). Polyester plastination of biological tissue: Hoffen P45 technique. *Journal of International Society for Plastination*, **22**: 78-81.
- SUI HJ, HENRY RW (2015). Hoffen P45: A modified polyester plastination technique for both brain and body slices. *Journal of Plastination*, **27**:4-8.
- SUGANTHY J, FRANCIS DV (2012). Plastination Using Standard S10 Technique-Our Experience in Christian Medical College, Vellore. *Journal of Anatomical Society of India*, **61**(1): 44-47.
- SUMAN A, PANDYA S (2018). Gross Anatomy of Cerebral Ventricles and Septum Pellucidum of Brain of Surti Buffalo (*Bubalus bubalis*). *The Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, **14**(2): 14-17.
- SURIYAPRAPADILOK L, WITHYACHUMNARNKUL B (1997). Plastination of stained sections of the human brain: comparison between different staining methods. *Journal of International Society for Plastination*, **12**(1): 27-32.
- SZIRMAI I (2012). Neurophobia. *Ideggyogyaszati Szemle*, **65**(7-8):221-228.
- TAGHIPOUR M, ASADI MH, SETAYESHMEHR M, SAFIKHANI Z, RABIEI AA (2016). A new method of brain plastination. *Anatomical Sciences Journal*, **13**(1):19-24.
- TAMURA K, STICKLEY CD, LABRASH SJ, LOZANOFF S (2014). Effectiveness of Plastinated Anatomical Specimens Depicting Common Sports Injuries to Enhance Musculoskeletal Injury Evaluation Education. *Athletic Training Education Journal*, **9**(4):174-181.
- TELFORD R, VATTOTH S (2014). Magnetic Resonance Anatomy of Deep Brain Nuclei with Special Reference to Specific Diseases and Deep Brain Stimulation Localization. *The neuroradiology journal*, **27**(1): 29-43.
- THAVARAJAH R, MUDIMBAIMANNAR VK, ELIZABETH J, KRISHNAMOHAN RU, RANGANATHAN K (2012). Chemical and physical basics of routine formaldehyde fixation. *Journal of oral and Maxillofacial Pathology*, **16**(3): 400-405.
- THOMAS M, STEINKE H (2004). Thin-layer plastination of the shoulder. *Clinical Sports Medicine International*, **1**: 9-14.
- TIANZHONG Z, JINGREN L, KERMING Z (1998). Plastination at Room Temperature. *The International Society for Plastination*, **13**(2): 1-25.
- TOMALTY D, PANG SC, ELLIS RE (2019). Preservation of neural tissue with a formaldehyde-free phenol-based embalming protocol. *Clinical Anatomy*, **32**: 224-230.
- TUNALI S, KAWAMTO K, LABRASH S, TAMURA K L, ozanoff S (2011). Computerized 3-D anatomical modelling using plastinates: An example utilizing the human heart. *Folia Morphologica*, **70**:191-6.
- ULFIG N, WUTTKE M (1990). Plastination of stained sections of the human brain. *Anatomischer Anzeiger*, **170**: 309-312.

- VON HAGENS G, TIEDEMANN K, KRIZ W (1987). The current potential of plastination. *Anatomy and embryology*, **175**(4): 411-21.
- VON HAGENS G (1979). Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *The Anatomical Record*, **194**(2): 247-255.
- VON HORST C, VON HAGENS R, SORA CM, HENRY RW (2019). History and development of plastination techniques. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **48**: 512–517.
- WADOOD AA, JABBAR A, NIRMAL DAS N (2001). Plastination of whole brain specimen and brain slices. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, **13**(1): 11-13.
- WEBER W, HENRY RW (1992). Sheet plastination of the brain - P35 technique, filling method. *The International Society for Plastination*, **6**(1): 29-33.
- WEBER W, WEIGLEIN A, LATORRE R, HENRY RW (2007). Polyester plastination of biological tissue: P35 technique. *Journal of the International Society for Plastination*, **22**: 50-58.
- WEBER W, HENRY RW. (1993). Sheet plastination of body slices - E12 technique, filling method. *The International Society for Plastination*, **7**(1): 16-22.
- WEIGLEIN A, HENRY RW (1993). Curing (hardening, polymerization) of the polymer - Biodur S10. *The International Society for Plastination*, **7**(1): 32-35.
- WILLIAM OR, HOWARD HE, JESSE PGF, ETSURO EU (2015). Dukes' Physiology of Domestic Animals, 13<sup>th</sup> Edition, Pondicherry, India. ISBN: 978-1-118-50139-9 Pp 13-89.
- WILLIAM OR, ERIC WR (2009). Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals, 5<sup>th</sup> ed, Wiley-Blackwell, USA. ISBN 978-0-8138-1451-3 pp84-119.
- YOGAWISEA SP (2017). Effect of 10% and 4% formalin solution in decomposition process of mice hind limb.[: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20481375&lokasi=lokal>]. Accessed time: September, 5/2022.
- YUNUS HA, EKIM O, BAKICI C, BATUR B, ÇAKIR A (2022). From toxic cadavers to biosafe specimens: a brief history of plastination in veterinary anatomy. *Journal of The Turkish Veterinary Medical Society*, **93**(2): 158-165.
- ZAWACKI-RICHER O (2021). The current state and impact of Covid-19 on digital higher education in Germany. *Human Behavior and Emerging Technologies*, **3**(1): 218-226.
- ZHU X, LIU J (2020). Education in and After Covid-19: Immediate Responses and Long-Term Visions. *Post digital Science and Education*, **2**:695–699.

## EKLER

### Ek-1. Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Kararı.

#### ANKARA ÜNİVERSİTESİ HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU KARAR ÖRNEĞİ

TOPLANTI TARİHİ : 08/09/2021  
TOPLANTI NO : 2021-15  
DOSYA NO : 2021-95  
KARAR NO : 2021-15-136

Yürütücülüğünü Üniversitemiz Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR'ın yaptığı; araştırmacı olarak Prof. Dr. Selçuk TUNALI, Doç. Dr. Okan EKİM ve Hasen Awel YUNUS'un katıldığı "Silikon ve polyester plastinasyon metodu ile hazırlanmış sığır beyinlerinin yüz yüze ve çevrimiçi anatomi eğitimindeki etkinliği ve verimliliğinin değerlendirilmesi" başlıklı çalışma Üniversite senatosunun 12/2/2016 tarihli toplantısında 430/3642 sayılı kararı ile kabul edilen ve Hayvan Deneyleri Merkezi Etik Kurulu'nun 19/2/2016 tarih ve 42 sayılı kararı ile onaylanan "Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Yönergesi" nin 7-h maddesi kapsamında değerlendirilmiş ve çalışmanın Etik Kurul iznine tabi olmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.

Geçerlilik Süresi : 01/11/2021-01/04/2023

ASLININ AYNIDIR  
08/09/2021

Prof.Dr!M.Taner KARAOGLU  
A.Ü. HADYEK Başkanı

## Ek-2. İnsan Üzerinde Yapılan Klinik Dışı Araştırmalar Etik Kurulu Kararı.

### ANKARA ÜNİVERSİTESİ ETİK KURULU KARAR ÖRNEĞİ

Karar Tarihi : 01/11/2021

Toplantı Sayısı : 10

Karar Sayısı : 31

31-Üniversitemiz Veteriner Fakültesi öğretim üyesi **Prof. Dr. Ahmet Çakır**'ın "Silikon ve Polyester Plastinasyon Metodu ile Hazırlanmış Sığır Beyinlerinin Yüz yüze ve Çevrimiçi Anatomi Eğitimindeki Etkinliği ve Verimliliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı BAP başvurusu ile ilgili 01/10/2021 tarihli "İnsan Üzerinde Yapılan Klinik Dışı Araştırmalar Başvuru Formu" Etik Kurulumuzca incelenmiştir.

Üniversitemiz Veteriner Fakültesi öğretim üyesi **Prof. Dr. Ahmet Çakır**'ın "Silikon ve Polyester Plastinasyon Metodu ile Hazırlanmış Sığır Beyinlerinin Yüz yüze ve Çevrimiçi Anatomi Eğitimindeki Etkinliği ve Verimliliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı BAP başvurusu ile ilgili araştırma protokolüne uyulması ve etik onay tarihinden itibaren geçerli olması koşuluyla uygulanmasının etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.