

# Evcil memeli hayvanlarda böbreklerin soğuk ortam tekniği ile silikon plastinasyonu

Okan EKİM\*, Selçuk TUNALI\*\*, R. Merih HAZIROĞLU\*, Muharrem AYVALI\*

**Öz:** Plastinasyon kısaca; doku sıvılarının reaktif bir polimer ile yer değiştirmesiyle karakterize bir anatomik preparat hazırlama tekniği olarak tanımlanabilir. Plastinasyon, diğer birçok anatomik yöntemle kıyasla daha zorlu ve ekonomik açıdan maliyetli olsa da ortaya çıkan örneklerin doğal görüntüsüne son derece benzer, ayrıca dayanıklı ve insan sağlığı için zararsız son ürünler olmaları, bu yöntemi konuyla ilgilenen bilim insanları için gittikçe aranı hale getirmiştir. Plastinasyon teknikleri içerisinde en sık kullanılanı ve örneklerin estetik açıdan etkileyici görünmesi sebebiyle toplumda en bilinir olanı kuşkusuz silikon plastinasyonudur. Silikon plastinasyonu temel olarak 5 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, yağdan arındırma, zorlu impregnasyon ve gaz kürlenme-sertleştirme olarak özetlenebilir. Silikon plastinasyonu protokolünün titizlikle uygulanması ve her aşamadaki parametrelere dikkat edilmesi, son ürünün istenilen amaca uygun olması açısından son derece önemlidir. Bu çalışma için iki adet köpek böbreği, iki adet merkep böbreği ile iki adet sığır böbreği kullanılmıştır. Organların plastinasyonu sırasında, her aşamadaki parametreler kaydedilmiştir. Çalışmanın amacı; evcil memeli hayvan böbreklerinin soğuk ortam tekniği ile silikon plastinasyonunu detaylarıyla anlatmak, bu tekniğin hangi alanlarda kullanılabileceği yönünde değerlendirmeler yapmak, böylelikle ülkemizde konuyla ilgilenen bilim insanlarına kılavuz olabilecek nitelikte bir kaynak ortaya koymaktır.

*Anahtar kelimeler:* Anatomi, böbrek, plastinasyon

## Silicone plastination of kidneys in domestic mammals with cold temperature technique

**Abstract:** Briefly plastination can be defined as an anatomic specimen preparation technique which is characterized as replacement of tissue fluids with a reactive polymer. However plastination is a difficult and economically high cost technique when compared with the other methods, the final products are quite similar to the natural appearance and they are also very durable and non-hazardous. These features have made this method very popular for the relevant scientists. Silicone plastination is the most oft-used and because of the esthetical outlook of the final products the most well-known technique among all plastination methods. Silicone plastination consists of 5 main stages. These are preparation of specimens, dehydration, defatting, forced impregnation and gas curing-hardening respectively. To obtain a convenient plastinate these stages should be handled meticulously and the parameters in every stage should also be monitored carefully. Kidneys of two dogs, two donkeys and two cattles were plastinated for this study. The parameters in every stage were recorded. The aim of this study is to indicate the silicone plastination of the domestic mammals' kidneys with cold temperature technique in detailed manner, to evaluate the scientific fields in which the plastination can be used conveniently and therefore produce a guide document for the relevant scientists in our country.

*Keywords:* Anatomy, kidney, plastination

\* Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, 06110, Dışkapı

\*\* TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, 06560, Söğütözü, ANKARA

## Giriş

Genel anlamda plastinasyon; doku sıvılarının aseton, alkol vb. solventler aracılığıyla dokudan uzaklaştırılması ve yerine silikon, polyester veya epoksi türevi bir polimer kimyasalın aktarılması ve doku içinde sabitlenmesi işlemi olarak anlatılabilir. Doku sıvısı ile polimer kimyasalın yer değiştirmesi işlemi basit gibi görünse de bahsedilen iki sıvının yoğunluklarının birbirinden çok farklı olması sebebiyle, özel bazı cihaz ve ekipmanlar kullanmadan, uygun parametreleri sağlamadan bu yer değiştirmenin olması mümkün değildir. Plastinasyon fikrini ilk olarak, 1977 yılında, o dönemde Heidelberg Üniversitesi Anatomi ve Patoloji Enstitüsü'nde görevli bir bilim insanı olan Gunther Von Hagens ortaya atmıştır (13, 22). Bu güne kadar da konuyla ilgili çalışmalarını aktif olarak sürdürmüş, hatta plastinasyon teknikleri, cihazları ve kimyasalları üzerine hizmet veren oldukça geniş kadrolu bir ekip kurmuştur. Von Hagens ve ekibinin hazırladığı plastinatlar, 1995 yılından bu yana çeşitli sergilerle ülkemizde dâhil hemen her büyük şehirde sergilenmekte, plastinasyon tekniğiyle yapılabilecekleri tüm Dünya'ya göstermektedir (3, 8). Fakat bu tür sergilerde ana objenin insan bedeni olması, dünya çapında etik kaygıları, eleştirileri ve hatta protestoları da beraberinde getirmiştir (1, 2, 6).

Tüm bu olumsuz yaklaşımlara rağmen plastinasyonun kullanımı yaygınlaşarak devam etmiştir. Bunun temel 3 sebebi vardır. Anatomik işlem gören doku, organ veya vücut kısmının doğal halindeki şekline, duruşuna, rengine neredeyse birebir benzetilebildiği başka bir anatomik yöntem yoktur. Plastinasyon işlemi tamamlandıktan sonra ortaya çıkan son ürün (plastinat), klasik anatomik tekniklerle hazırlanmış örneklerle kıyasla hem son derece dayanıklıdır, hem de özel bir bakıma gerek kalmaksızın uzun yıllar muhafazası mümkündür. Örnekler, plastinasyon protokolü boyunca birçok toksik aşamadan geçmesine rağmen, işlem tamamlandıktan sonra diğer tüm anatomik tekniklere göre insan sağlığı açısından toksik olmayan preparatlara dönüşmektedir (7, 13).

Plastinasyon yönteminin 1977 yılında ilk defa uygulanmasından bu yana çok mesafe kat edilmiştir. Ama bu konuda farklı bilim adamları kendi amaçları ve biyolojik örnekleri doğrultusunda birçok yeni teknik, kimyasal ve protokol geliştirmiş olsa da mantık hepsinde doku sıvılarının reaktif polimer ile yer değiştirmesidir (10, 13).

Plastine edilmek istenen örneğin büyüklüğüne, biyolojik doku özelliklerine ve kullanım amacına da bağlı olmak kaydıyla temel olarak 3 temel plastinasyon tekniğinden bahsedilebilir. Bunlar sırasıyla silikon plastinasyonu, epoksi plastinasyonu ve polyester plastinasyonudur (7, 10, 19). Bu üçü içerisinde, laboratuvarlarında plastinasyon faaliyetlerine yeni başlayacak olanlar için öğrenilmesi kaçınılmaz bir gereklilik olan, ayrıca ilk başta uygulanması en kolay teknik silikon plastinasyonudur. Tüm vücut kavrularının, organların, vücudun belirli kısımlarının hatta vücut kesitlerinin plastine edilebildiği çok amaçlı bir plastinasyon teniği olarak öne çıkar (7, 13, 15).

Silikon plastinasyonu tıp, diş hekimliği vb. sağlık bilimlerinin yanı sıra botanik, zooloji gibi biyolojik bilimler, kısacası canlı organizmanın söz konusu olduğu her branşta rahatlıkla kullanılabilir (16, 18). Fakat konu ile ilgili bilimler arasında silikon plastinasyonunu rahatlıkla ve sıklıkla uygulayan branş; kuşkusuz veteriner bilimleridir. Silikon plastinasyonu temel olarak 5 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, yağdan arındırma, zorlayıcı impregnasyon ve gaz kürlenme-sertleştirme olarak özetlenebilir. Silikon plastinasyonu protokolünün titizlikle uygulanması ve her aşamadaki parametrelere dikkat edilmesi, son ürünün istenilen amaca uygun olması açısından son derece önemlidir (11).

Bu çalışmanın amacı; ürogenital sisteme ait memeli organları üzerinden silikon plastinasyonunu, öncesi ve sonrası süreci anlatmaktır. Ayrıca soğuk ortamda yapılan silikon plastinasyonunu teknik detaylarıyla analiz etmek, özellikle veteriner bilimlerinde hangi alanlarda kullanılabileceği yönünde değerlendir-

meler yapmak, böylelikle ülkemizde konuyla ilgilenen bilim insanlarına kılavuz olabilecek nitelikte bir kaynak ortaya koymak da hedeflenmiştir. Bu sebeple araştırmanın “Gereç ve Yöntem” bölümü oldukça detaylandırılmış ve plastinasyonla ilgili her aşama, çalışmaya konu olan örnekler üzerinden kapsamlı bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

## Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada bildirilen soğuk ortamda silikon plastinasyonu işlemlerinin tamamı Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Plastinasyon Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen her aşama, nedenleri ve detayları aşağıda etraflıca anlatılmıştır. Biyolojik dokuların plastinasyon işlemi süresince insan sağlığı için toksik ve kanserojen tehlike içeren birçok kimyasalın yanı sıra, aseton veya alkol gibi kapalı ortamda buharlaştığında yüksek patlama riski taşıyan maddeler de kullanılmaktadır. Plastinasyona başlamadan önce laboratuvarların bahsedilen riskler dikkate alınarak uygun şekilde tasarlandığından, laboratuvarında çalışan personel için iş güvenliğinin sağlandığından emin olunması büyük önem taşır. Bu nedenle plastinasyon laboratuvarında içerideki havayı düzenli olarak tahliye eden ve 24 saat kesintisiz çalışan bir havalandırma sistemi kurulmuştur. Ayrıca, priz, ışık kaynağı, laboratuvar cihazlarının motorları gibi içinde elektriksel potansiyel barındıran ünitelerin mümkünse laboratuvar dışında olması, zorunlu kalırsa da izolasyonunun çok iyi yapılmasına büyük özen gösterilmiştir. Bunun ana nedeni; plastinasyon tekniğinin temel kimyasallarından olan asetonun herhangi bir şekilde laboratuvar ortamına buharlaşması durumunda en küçük bir kıvılcımla dahi yüksek patlama riski içermesidir. Laboratuvardaki plastinasyon için özel olarak üretilmiş cihazların elektrikli kısımları cihazların içine entegre olmadığından ana laboratuvar alanı dışında bir yerde konuşlandırılmıştır.

Bu çalışmada; lisans derslerinde yapılan nekropsi ve anatomi uygulamalarından elde edilen, herhangi bir patolojik durum ve zoonotik hastalık tespit edilmemiş 2 adet köpek böbreği, 2 adet merkep böbreği ile 2 adet sıgır böbreği kullanılmıştır. Aynı anatomik sistemden, farklı türlere ait organların seçilmesi ve plastine edilmesindeki temel amaç; soğuk ortam tekniği ile plastinasyonun benzer histolojik doku özellikleri taşıyan, farklı türlere ait yapılarda etkinliğini gösterebilmek, ayrıca protokol dışı durumların oluşmasını veya rutinden farklı işlemlere gerek duyulmasını önleyerek standart silikon plastinasyonunu, bu tekniğe yeni başlayacaklara örnekler aracılığıyla anlatabilmektir.

**Örneklerin Hazırlanması (Diseksiyon ve Fiksasyon):** Plastinasyon sonrası ortaya çıkacak ürünün son şeklini, duruşunu, anatomik doğruluğunu ve tabii ki gerçeğe özdeşliğini planlamak, işleme başlamadan önce dikkate alınması gereken önemli bir husustur (7, 9). Çıkkacak son ürünün bilimsel bir çalışma için mi yoksa estetik bir sergi materyali olarak mı hazırlanacağı ya da vurgulanmak istenen damar, sinir vb. anatomik yapılar da bu planlamaları etkiler. Örneğin bu çalışmada böbreklere giren ana atardamarların (a. renalis) göz önüne çıkarılması için 2 adet merkep böbreğinde, a. renalis’ler, hilus renalis’in 5-7 cm uzağından, yani aorta abdominalis’e yakın kısımlarından kesilmiş ve kesilen uçlardan içeri kırmızı mürekkep (Rotring / Almanya) ile renklendirilmiş sıvı lateks enjektörde edilmiştir.

Ulaşılmak istenen son ürüne göre uygun diseksiyonun yapılması, gerekli oluşumların korunması fakat gereksiz kısımların uzaklaştırılması önemlidir. Ayrıca zorlu silikon plastinasyonu aşamaları boyunca özellikle boşluklu organların mevcut şeklini kaybetmemesi veya örnek içerisindeki farklı anatomik yapıların demonstre edilebilmesi adına, asetonun etkilenmeyen plastik veya paslanmaz metal teller, plakalar, küreler vb. farklı şekilli aparatlardan mutlaka faydalanılmalıdır.

Gerekli planlamalar ve incelikli diseksiyon işlemlerinden sonra silikon plastinasyonunda

karar verilmesi gereken bir diğer aşama fiksasyon yani örneklerin formaldehit ve benzeri fiksatif solüsyonlar aracılığıyla tespit edilmesi işlemidir. Araştırmacıların bir kısmı fiksasyon aşamasının dokunun doğallığını bozan bir süreç olduğunu, daha elastik bir örnek elde etmek için fiksasyona gerek olmayabileceğini belirtirken, bazı kaynaklarda ise özellikle boşluklu organlarda ve dekompozisyonun çabuk geliştiği doku tiplerinde bu işlemin gerekliliğinden bahsedilmektedir (7, 12, 17, 18, 20). Dolayısıyla fiksasyon zorunlu bir işlem değildir. Fakat araştırmacıların plastine edebilecekleri dokunun morfolojik ve histolojik özelliklerine göre karar vermesi gereken bir aşamadır (18). Bu çalışmada, silikon plastinasyonunun her aşamasının etkileri ve sonuçlarının araştırmacılara gösterilebilmesi adına örnekler diseksiyon ve (merkep böbreklerine) lateks enjeksiyon sonrasında +4 °C'de, % 10'luk formalin solüsyonunda (% 37'lik formaldehit solüsyonu, % 100'lük formalin kabul edilerek hazırlanır) 15 gün süreyle bekletilmiştir. Formalin solüsyonunda tavsiye edilen sürelerden daha uzun süre bekletmemizdeki temel amaç böbrek gibi solid bir organda periferden merkeze doğru tespit edici solüsyonun ulaşabilmesi için ihtiyaç duyulan sürenin beklenenden fazla oluşudur. Fakat bu sürenin gereğinden uzun tutulması böbrek dokusunda ciddi büzüşmelere de neden olabilir (14). Tespit süresinin uzaması sebebiyle de organ merkezinde oluşacak dekompozisyonu minimize etmek için örnekler +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Fiksasyon işlemi sonrasında da araştırmacı dilerse büzüşen, şekli değişen kısımları uygun diseksiyon ve manuplasyonlarla düzeltme şansına sahiptir. Arzu edildiği takdirde özellikle gastrointestinal, ürogenital ve eklem preparatlarında örneklerin daha açık renkte olmalarını sağlamak için %1-5'lik hidrojen peroksit solüsyonu içerisinde bir haftaya kadar bekletilebilir

**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 aşamaya (dehidras-

yon) gereksinim vardır. Bu aşamayla, doku sıvılarının öncelikle hidrofilik bir solvent ile yer değiştirmesi sağlanır. Bu ara kimyasal, plastinasyon sürecinde hayati önem taşır. Dehidrasyon için çeşitli alkol türevleri, metilen klorid gibi solventler seçilebilmektedir. Fakat bu aşama için sıklıkla tercih edilen kimyasal hiç kuşkusuz asetonur. Aseton oda sıcaklığında çok hızlı buharlaşan, temas ettiği dokularda büzüşmeye neden olabilen bir kimyasaldır. Bunun yanı sıra hatalı uygulandığı zaman örneklerde bulunan yağ dokuyu gereğinden fazla çözüp, örnekten uzaklaştıran bir solventtir (11). Bu tür artifaktları engellemek amacıyla dehidrasyon aşamasındaki aseton banyoları çok düşük sıcaklıklarda, tercihen -25 °C'de yapılır. Düşük sıcaklığın avantajları şunlardır. Aseton ve doku sıvısı değişimi daha dengeli olacaktır, büzüşme çok daha az gerçekleşecektir ve örnekteki yağ dokunun asetonun etkisiyle istenilenden fazla çözünmesi engellenmiş olacaktır (5). Ayrıca bu sıcaklık asetonun alev alma sıcaklığının (-19 °C) altında olduğundan işlem daha güvenli olarak gerçekleştirilebilecektir.

Dehidrasyon öncesi örneklerin yapısı içerisinde, daha önceki sekonder işlemlerden kalan kimyasal maddeleri elimine etmek için (örneğin fiksasyonda kullanılan gliserol gibi maddelerin uzaklaştırılması amacıyla) örnekler % 50'lik etanol solüsyonu içerisinde 7-14 gün bekletilebilir. Örneklere etanol banyosu yaptırılırsa veya rutin fiksasyon aşaması uygulandıysa, preparatlar varsa etanolün veya formaldehit kalıntısının dokudan uzaklaşması için, örneğin büyüklüğüne bağlı olarak, 2-7 gün arasında değişen süreyle akan musluk suyu altında banyoya bırakılmalıdır (7).

Sonrasında örnekler dehidrasyona alınır. Bu aşama örneklerin içindeki doku sıvılarının asetonla yer değiştirmesini sağlamak amacıyla -25 °C'lik plastinasyon derin dondurucusuna konulan izolasyonlu çelik tanklar içinde yapılan bir seri (% 99,5) aseton banyosunu kapsar. Aseton buharlaşmasını ve olası patlamaları önlemek için derin dondurucu patlama korumalı olmalı, tanklar ise aseton buharını ka-

çırmayacak şekilde izolasyonlu yapılmalıdır (Şekil 1.A). Dehidrasyondaki temel belirteç; asetonun konsantrasyonundaki değişimdir. İşlem şu şekilde ilerler: Örnek, pratik olarak kendi hacminin 10 katı kadar % 99,5'luk aseton ihtiva eden tanka konur (7). Sonrasında bir asetonometre vasıtasıyla her gün aynı saatte, -25 °C'de tutulan tank içerisindeki aseton karıştırıldıktan sonra ölçüm için gereken kadar alınarak konsantrasyon ölçülür. Buradaki önemli bir nokta; aseton konsantrasyonunu ölçerken kullanılan asetonun, asetonometrede belirtilen sıcaklığa gelmesini beklemek ve sonrasında ölçüm yapmaktır. Bu çalışmada kullanılan asetonometrenin 20 °C'ye ayarlı olması sebebiyle, alınan aseton örnekleri belirtilen sıcaklıkta ölçülmüştür. Her gün aseton konsantrasyonunun biraz daha düştüğü gözlemlenecektir. Ortalama 6. gün olmakla birlikte, bugün veya sonrasındaki herhangi bir günde aseton konsantrasyonunun bir değerde dengelendiği ve artık değişmediği görülür. Örnekler aseton tankından çıkarılarak, yüzeyindeki asetonun buharlaşmasına izin verilmeyen 2. aseton (% 99,5) banyosuna alınır ve aynı işlemler tekrarlanır. Bu banyo değişimi, tanktaki aseton konsantrasyonunun % 95'in üzerinde bir değere çıkması ve sabitlenmesine kadar devam eder. Genelde bu derişime 3. aseton banyosunda ulaşılmaktadır. Tanktaki aseton saflığının istenen değerlere ulaşmasıyla dehidrasyon aşaması teknik olarak bitmiş kabul edilir.

Bu çalışmadaki örneklerin dehidrasyon aşamasında, patlama korumalı plastinasyon derin dondurucusu (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) içine yerleştirilmiş 35 L kapasiteli, contalı kapaklı, paslanmaz çelik tanklar (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) kullanılmıştır. Kullanılan asetonun (Birpa Kimya/Ankara) başlangıç konsantrasyonu % 99,5'tir (Şekil 1.A).

**Yağdan Arındırma:** Dokular arasında veya üzerinde kalan yağ doku artıklarının uzaklaştırılması istenirse, örnekler dehidrasyon sonrası oda sıcaklığında, tekrar aseton banyosuna alınabilir. Buradaki amaç; örnek üzerinde veya

içindeki artık yağların aseton vasıtasıyla çözdürülmesi ve son ürünün kalitesinin bu şekilde artırılmasıdır. Bu işlem berrak ve renksiz olan asetonun, yağın çözünmesi sonucu sarı renge dönüşmesiyle karakterizedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır. Merkezi sinir sistemi organları, bol miktarda yağ içermeleri sebebiyle yağdan arındırma aşamasında zarar görebilirler. Hatta bazen sinir dokunun % 20 oranında büzüşmesi söz konusu olabilir. Oda sıcaklığında tanktan aseton çıkışı olmadığından emin olmak gerekir. Örnek üzerindeki yağ çözünmesi düzenli olarak kontrol edilmeli, dokunun genel görünüşünde deformasyon olmamasına özen gösterilmelidir. Yağdan arındırma genellikle 1 haftada tamamlanır (7).

Bu çalışmada kullanılan böbreklerin tamamı, örnekler hilus'lardan girmiş, anatomik detayların görünümünü engelleyebilecek ve son ürünün kalitesini düşürecek adipoz yapıların uzaklaştırılması amacıyla yağdan arındırma işlemine tabi tutulmuştur.

**Zorlu İmpregnasyon:** Dehidrasyon sonrası örnekteki doku sıvıları, organik bir solvent olan aseton ile yer değiştirmiş durumdadır. Zorlu impregnasyon aşamasında temel amaç; örneği yoğun kıvamlı fakat sıvı halde olan silikon polimerin içine yerleştirerek, asetonu doku içerisinden buharlaştırırken aynı anda silikon polimerin asetonun yerine geçmesini sağlamaktır. Bu işlem kendiliğinden gerçekleşemez. Bunu sağlamak için de ortama negatif basınç uygulanır. İmpregnasyon işlemi tercihen -15 °C ila -25 °C arası sıcaklıklarda yapılmalıdır. Çünkü asetonun uygun şekilde örnekten çıkması, örnekte büzüşmelerin yaşanmaması ve örneğin kaliteli ve dayanıklı bir plastinata dönüşmesi için işlem yavaş ve soğuk ortamda yapılmalıdır. Kullanılan silikon polimerin kimyasal özelliğine göre oda sıcaklığında da zorlu impregnasyon yapılabilir (18)

İmpregnasyon işlemi için gereken cihaz ve ekipmanlar; plastinasyon için özel üretilmiş derin dondurucu, plastinasyon için özel üretilmiş vakumlama tankı, tanka bağlanabilen vakum pompası ve aksesuarları, tank içindeki



**Şekil 1:** A. Örnekler dehidrasyon aşamasına alınırken. B. Zorlu İmpregnasyon aşamasında kullanılan patlama korumalı derin dondurucu, vakumlama tankı ve aksesuarları, Bennert manometresi, vakumlama valfi. C. Zorlu impregnasyon aşamasındaki örnekler. D. İmpregnasyon sonrası örneklerdeki deforme olan anatomik yapıların minör diseksiyonu. E. Gaz kütleme – sertleştirme aşamasındaki örnekler.

**Figure 1:** A. Specimens are preparing for dehydration stage. B. Explosion proof deep freezer, vacuum chamber and its equipments, Bennert manometer and vacuum valve used in forced impregnation stage. C. Specimens in forced impregnation stage. D. Minor dissections on the deformed parts of the specimens after impregnation stage. E. Specimens in gas curing – hardening stage.

negatif basıncı ölçmek için mekanik veya dijital manometre, preparatın tank içindeki silikonun yüzeyine çıkmasını önleyecek, tankın iç çaplarına uygun bir metal sepet ve tanktaki basıncı kontrol eden bir valftir. Kimyasal olarak da silikon plastinasyonu için üretilmiş sıvı silikon polimer ve polimerin aktif hale geçmesini sağlayan katalizör kullanılır (Şekil 1.B).

Bu çalışmanın zorlu impregnasyon aşamasında patlama korumalı plastinasyon derin dondurucusu (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) içine yerleştirilmiş 35 L kapasiteli, üstten 2 cm kalınlıkta cam kapaklı, 3 çıkışlı vakumlama tankı ve sepeti (Biodur Products, Heidelberg/Almanya), Bennert manometresi (Biodur Products, Heidelberg/Almanya), 1,5 m<sup>3</sup>/sa vakumlama kapasitesine sahip vakumlama pompası (Oerlikon/Almanya), S10 silikon polimer (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) ile S3 katalizör madde (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) kullanılmıştır (Şekil 1.B).

Örnek, yağdan arındırma aşamasından çıktıktan sonra ivedilikle metal sepete aktarılıp vakum tankındaki silikona (S10) yerleştirilmelidir. Çünkü örnek üzerindeki aseton buharlaşmaya başlarsa buharlaşan alanlarda büzüşmeler oluşabilir. Tanktaki S10 miktarının sepetin üst yüzünü biraz geçecek miktarda olması yeterlidir. S10 karışımını aktive etmek için S3 katalizörü 100/1 oranı esas alınarak (7) konulmalıdır. Daha esnek preparatlar elde edilmek isteniyorsa S3 oranı azaltılmalıdır. Örnekler; S10/S3 karışımına konulduktan sonra vakum tankının cam kapağı kapatılır ve izolasyon sağlanır. Vakum tankının bir çıkışına, vakum pompası, diğer bir çıkışına negatif basıncı ölçmek üzere Bennert manometresi, üçüncü çıkışa ise negatif basıncı kontrol edebilmek için valf bağlanır. Vakum pompası çalıştırılarak tankta negatif basınç oluşturulur (Şekil 1.C). Basınç azalmaya başladıkça sepetin içerisindeki örneklerden silikon polimerin yüzeyine doğru baloncuklar şeklinde aseton çıkışı tankın cam kapağından bakınca gözlenmeye başlar (18, 20). Aseton, örneklerden ayrılmaya başlamıştır. Başlangıç için basıncın manometredeki sa-

yısal değerinin 20-25 mm/Hg olması tavsiye edilir (7). Fakat pratik olarak baloncukların takip edilmesi şiddetle önerilir. Pratik olarak; silikon polimerin yüzey alanında her 5 cm<sup>2</sup> lik alanda (preparatın tank içerisinde dikey olarak kapladığı alanlara bakılır) saniyede 1-3 baloncuk çıkması beklenir. Fazla baloncuk çıkışı olduğunda vakumun azaltılması veya tersi durumda vakumun artırılması için üçüncü çıkışa bağlı valften yararlanılır. Baloncuk çıkışı mümkün olduğu kadar sık gözlenmeli artış ve azalmalar dengelenmelidir. Aksi takdirde preparatın yüzeyine yakın bölgelerinde aseton hızlı çıkış yaparak bir polimer katmanı oluşturur ve derin dokularda aseton-polimer değişimi gerçekleşmez. İlerleyen günlerde baloncuk çıkışını ayarlamak için valfi kısarak vakumun artırılması gerektiği görülecektir. Zorlu impregnasyon işlemi, uygulanabilen en yüksek vakum altında, baloncuk çıkışının tamamen bittiği güne kadar devam ettirilmelidir. Bu süreç için belirlenmiş bir üst sınır yoktur. Fakat impregnasyon sürecini hiç durdurmadan (24 saat) yapmak vakum pompasında arızalara neden olabilir. Bu sebeple eğer istenirse 24 saat içerisinde, pompa belirli saatlerde dinlendirilip tekrar çalıştırılabilir. Vakum artırılmasına rağmen baloncuk çıkışı olmuyorsa, örnek içindeki asetonun çıktığı ve impregnasyonun tamamlandığı varsayılır, vakum durdurulur fakat örnekler vakumlama tankından çıkarılmaz. Bir gün süreyle polimer karışım içinde dinlenmeye bırakılır. Daha sonra sepet, polimer karışımdan çıkarılır fakat uzaklaştırılmadan tankın üzerine asılır ve bir 24 saat daha silikonun fazlasının örnekler üzerinden tankın içine akması sağlanır. Sonrasında örnekler tanktan ve dolayısıyla derin dondurucudan çıkarılarak oda sıcaklığına alınır. Örnekler, içlerindeki silikonun bir kısmını salmaya devam edecektir. Silikon salma işlemi bitene kadar örnek oda sıcaklığında dinlenmeye alınır. Bu süreç iki amaca hizmet eder. Birincisi bu sürede örnekler üzerindeki oluşabilecek şekil bozuklukları, anatomik uyumsuzluklar düzeltiler. Örnek hâlâ minör diseksiyonlara uygun durumdadır (Şekil 1. D). İkincisi ise; S3 katalizörü ile aktif hale geçen S10'un aktivitesi aslında hâlihazır-

da devam etmektedir. Polimerin dokular içinde daha uzun zincirli ve dayanıklı kimyasal bağlar oluşturabilmesi (zincir uzaması) için bu dinlenme süresi bulunmaz bir fırsattır. Preparatın üstündeki fazla silikon, tüy bırakmayan emici kâğıtlar ile düzenli olarak silinmelidir. Preparatın silikon salması bitince, artık bir sonraki aşamaya geçilebilir.

**Gaz Kürleme – Sertleştirme:** Bu aşamada impregnasyonu tamamlanmış örneğin yapısında bulunan ve zincir uzaması tamamlanan/devam eden silikon polimerin gaz fazında bir kimyasalla kürlenmesi ve sertleştirilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu kürleme işleminde, örneğin içine girerek aslında örneğin anatomik şeklini alan polimer sertleştirilmiş olur.

Gaz kürleme - sertleştirme işlemi için gereken cihaz ve ekipmanlar; şeffaf plastik veya camdan yapılmış, izolasyonlu bir gaz kürleme tankı ve tank içindeki gazın örnekle etkileşmesi için çok düşük miktarda hava akımı yaratan bir pervane veya akvaryum pompası kullanılır. Kimyasal olarak da; gaz forma geçtiğinde silikon polimerin sertleşmesini sağlayan bir kimyasal kullanılır (Şekil 1.E).

Bu çalışmada böbreklerin gaz kürleme – sertleştirme sürecinde plastik bir gaz kürleme tankı (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) ve ince bir boru vasıtasıyla tank içinde hava sirkülasyonu sağlayan bir akvaryum hava pompası (Eheim, Deizisau/ Almanya) ile kürleme-sertleştirme için S6 (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) kullanılmıştır (Şekil 1.E).

Gaz kürleme tankına örneklerin yanı sıra ağzı açık cam bir kap içerisinde S6 konulur.

S6'nın bulunduğu cam kaba, akvaryum pompasından gelen havayı taşıyan plastik hortum yerleştirilir, fakat hortumun sıvı içine girmemesine özen gösterilir. Akvaryum pompasını kürleme aşaması boyunca günde 2-3 defa olmak üzere birkaç dakika çalıştırmak yeterlidir. Burada amaç S6'nın çok yavaş bir şekilde tank içine evapore olmasını ve örneğin yapısındaki silikon polimere gaz halinde ulaşmasını sağlamaktır. Daha önceki aşamada uzayan zincirler oluşturan silikon moleküllerinin gaz fazındaki S6 etkisiyle kendi aralarında çapraz bağlar kurarak sertleşmesi gerçekleşir. Sertleşme etkisinin yüzeyden derine doğru olduğu ve örneğin tamamen sertleşip gerçek bir platinata dönüşmesinin bazen aylarca sürebildiği bildirilmiştir (7, 21, 23). Bu durum unutulmamalı ve yüzeyi sertleşen örnek tanktan hemen çıkarılmamalıdır. Hatta çıkarıldıktan sonra da iç sertleşmenin devam ettiği varsayılarak platinat, kilitli naylon poşetlerde veya hava almayan küçük kaplarda muhafaza edilmelidir.

## Bulgular

Memeli böbreklerinde yapılan silikon platinasyonu işleminin dehidrasyon aşamasında örneklerin 3 defa aseton banyosuna alınması gerekti. Ancak 3. banyodan sonra aseton konsantrasyonu istenilen değerde sabitlenebildi. Dehidrasyon aşaması toplamda 19 gün devam etti. Bu aşama süresince kaydedilen konsantrasyon verileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Özellikle sığır böbreklerinde capsula

**Tablo 1.** Dehidrasyon aşamasında, asetonun giriş ve çıkış konsantrasyonları.

**Table 1.** The input and output concentrations of the acetone in dehydration stage.

Aseton Banyosu	Giriş (Aseton konsantrasyonu)	Çıkış (Aseton konsantrasyonu)	Süre
1. Banyo	% 99,5	% 84	8. günde sabitlendi
2. Banyo	% 99,5	% 92	6. günde sabitlendi
3. Banyo	% 99,5	% 98	5. günde sabitlendi



adiposa'nın yoğun olması, diseksiyon yapılsa bile kesitsel çalışılan böbreklerde organın hilus'unda yoğunlaşması sebebiyle, son ürünün kalitesini arttırmak amacıyla örneklere yağdan arındırma işlemi de uygulanmak durumunda kalındı ve bu aşama 11 günde tamamlandı.

Zorlu impregnasyon aşaması  $-22^{\circ}\text{C}$  de gerçekleştirildi ve 22 gün devam etti. Aseton çıkışının bittiğinden emin olunca örnekler  $-22^{\circ}\text{C}$  de 1 gün boyunca S10/S3 karışımı içerisinde, 1 gün de solüsyon dışında dinlendirildi ve sonra preparatlar oda ısısına alındı. Örneklerden fazla silikonun salınması işlemi 8 gün devam etti.

Gaz kürlleme-sertleştirme aşamasına alınan örnekler 8 gün süreyle kürlendi. Yüzeyle sertleşmesi ve silikonun kurduğu gözlenince plastinatlar kürlleme tankından alındı. Çapraz bağlanma reaksiyonlarının muhtemelen devam ettiği düşünülerek örnekler kilitli poşetlere konuldu ve 20 gün süreyle bu şekilde muhafaza edildi.

### Tartışma ve Sonuç

Soğuk ortamda yapılan silikon plastinasyonu işlemi sonunda elde edilen plastinatların, plastinasyon öncesindeki morfolojik özelliklerini büyük oranda koruduğu görülmüş, literatürde (7) takip edilen silikon prosedürüne uygun olarak elastik bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Organların dış yüzeyindeki oluşumlar ile kesit yüzeylerindeki pelvis renalis veya calix renalis gibi anatomik yapılar doğala özdeş bir şekilde gözlenebilmektedir.

Örneklere fiksasyon işlemi uygulanmış olması sebebiyle, organların doğal renklerini plastinasyon sonrası koruyup koruyamayacağı nitel olarak test edilememiştir. Bundan sonraki çalışmalarda fiksasyon aşaması atlanarak plastinasyonun organların doğal renklerini koruma üzerindeki etkisinin gözlenmesi planlanmaktadır. Ayrıca fiksasyon uygulaması ile çeşitli hacimsel değişiklikler, muhtemelen

büzüşmeler meydana gelmesi kaçınılmazdır (5, 14). Fakat silikon plastinasyonu yöntemini araştırmacılara en uygun biçimde aktarabilmek adına fiksasyon ve dehidrasyon safhaları öncesi volümetrik veya stereolojik ölçümler yapmak mümkün olmadığı için hacim değişikliğinin nicel bir değerlendirilmesi yapılamamıştır. İleriki çalışmalarda, tespit olunmadan silikon plastinasyonu yapılacak organlarla fikse edilmiş organlar ve ayrıca plastinatlar arasındaki hacimsel farklılıkların seri kesitler alınarak stereolojik açıdan değerlendirilmesi planlanmıştır.

İki adet merkep böbreğinde, a. renalis'lerden verilen kırmızı renklendirilmiş lateksin dehidrasyon aşamasında rengini kaybetmiş gibi görünmesine rağmen son üründe istenilen renk ve elastikiyette olduğu gözlenmiştir. Daha önce yapılan araştırmalarda (5, 13, 20) dehidrasyon için kullanılan örneklere bağlı olarak 2 veya 3 seri banyo yapılması gerekliliği vurgulanmış, bu çalışmada ise ancak 3. banyo sonunda derişim % 95'in üzerine çıkmıştır. Dehidrasyon aşamasında,  $-25^{\circ}\text{C}$  deki asetonun derişimini ölçmek üzere alınan örneğin, başlangıç ölçümünün yapıldığı sıcaklığa getirilmeden asetonometre ile ölçülmesi hatalı sonuçların çıkmasına neden olmakta, araştırmacıları yanıltmaktadır. Fakat incelenen kaynaklarda bu durumdan bahsedilmemektedir.

İmpregnasyonun 22 gün süreyle devam etmesi literatürden (7, 14, 18) farklı olarak uzun sürmüş gibi gözükabilir. Fakat impregnasyon işlemi, muhtemelen elektrik kesintileri de düşünülerek vakum pompasında arızalara sebebiyet verilmemesi için 12 saat uygulama, 12 saat dinlendirme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla her 12 saatlik periyodun sonunda örneklerin silikon polimer içerisinde, tankın mevcut basıncını kaybetmeden 12 saat dinlendirilmesi sağlanmıştır. Bu uygulamanın impregnasyon işleminin daha sağlıklı yürütülebilmesine olanak sağladığı düşünülmektedir. Bu konu ile ilgili detaylı çalışmaların yapılması planlanmaktadır. İmpregnasyon sonrası da böbrek dokusundan 8 gün boyunca silikon salınması, karışımın zincir uzaması re-

aksiyonunda veya S10/S3 oranlamasında bir problem olabileceğini düşünebilir. Fakat sonrasında zincirleme ve çapraz bağlanma reaksiyonları başarılı olmuş, son ürün de istenilen kriterlere uygun çıkmıştır. Örneklerden çıkan fazla silikonun kağıt havlu, kurutma kağıdı, ucu pamuklu mikro çubuklar vasıtasıyla mümkün olduğu kadar sık temizlenmesinin örnekleri olumlu etkilediği düşünülmektedir. Bu uygulama örnek üzerindeki anatomik oluşumların içerisinde fazla silikonun birikmesini önlemiş, anatomik detaylar belirginleşmiş, örneğin morfolojik özellikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca silikon salınımı sırasında örnek sürekli temizlenip farklı şekilde yerleştirildiği için silikonun bir noktada birikmesi engellenmiştir.

Literatürde (24) belirtilen gaz kürlenme - sertleştirme aşamasındaki uygulama süreleri göz önüne alınarak, bu çalışmada elastik örnekler elde edebilmek adına yukarıda belirtilen süreler yeterli görülmüştür. Bu sürelerin S6'nın gaz fazına çok yavaş geçmesi, son ürünün periferden merkeze doğru karşılıklı ve çapraz bağlar kurarak sağlıklı sertleşmesi ve 3 boyutlu bir silikonize ağ oluşturması açısından büyük önemi olduğu düşünülmektedir.

Soğuk ortam tekniği ile silikon plastinasyonu yapılacak bir örneğin kesitsel açıdan incelenmesi gerekiyorsa, doku veya organın kesit alınma işleminin plastinasyon protokolü öncesinde veya son ürün tamamlandıktan sonra yapılması konusu tam olarak irdelenmemiştir. İlerleyen dönemlerde, plastinat kalitesinin değerlendirilmesi açısından, kesitsel plastinasyon üzerine bu şekilde bir çalışmanın kurgulanması da öngörülmektedir.

Bu çalışmanın konuyla ilgilenen araştırmacılara aktarılması sırasında silikon plastinasyonunun "anatomik bir teknik" olarak adlandırılması, bu yöntemin kullanım alanlarını sınırlandırmamalıdır. Beşeri hekimlikte olduğu gibi veteriner hekimlikte de silikon plastinasyonunun birçok alanda kullanımı mevcuttur. Bunun birincil sebebi hayvanlarda (gerekli izinler alınmak koşulu ile) plastinasyon uygulamalarının insan deneklere kıyasla etik açıdan daha kabul edilebilir olmasıdır.

Bu çalışmadan elde edilen plastinatlar ve daha önceki çalışmalar (4, 16) bu yöntemin sadece sağlıklı dokularda değil, patolojik örneklerde de olumlu sonuçlar verebileceğini ortaya koymaktadır. Patoloji, parazitoloji gibi klinik öncesi bölümler için hazırlanacak plastinatların eğitim amaçlı rahatlıkla kullanılabilmesi gibi, klinik branşlarda cerrahi operasyonların öncesi, sırası ve sonrasında gösterebilecek örnekler görsel öğrenme açısından büyük kolaylık sağlayacaktır.

## Kaynaklar

1. **Andrews L, Nelkin D** (1998): *Whose body is it anyway? Disputes over body tissue in a biotechnology age*. Lancet, **351**, 53-57.
2. **Barilan YM** (2006): *Bodyworlds and the ethics of using human remains: a preliminary discussion*. Bioethics, **20**, 233-247.
3. **Bateman C** (2013): *Flesh rendered 'immortal' - Body Worlds hits Cape Town*. S Afr Med J, **103**, 12-13.
4. **Bickley HC, Walker AN, Jackson RL, Donner RS** (1987): *Preservation of pathology specimens by silicone plastination. An innovative adjunct to pathology education*. Am J Clin Pathol, **88**, 220-223.
5. **Brown MA, Reed RB, Henry RW** (2002): *Effects of dehydration mediums and temperature on total dehydration time and tissue shrinkage*. J Int Soc Plastination, **17**, 28-33.
6. **Charlier P, Champagnat J, Brun L, Augias A, Laquay L, Hervé C** (2014): *Human remains exhibition and ethics principles: A French medical experience and evaluation*. Rev Med Paris, **5**, 140-147.
7. **de Jong K, Henry RW** (2007): *Silicone plastination of biological tissue: Cold-temperature technique Biodur™ S10/S15 Technique and Products*. J Int Soc Plastination, **22**, 2-14.

- 8. Durbach N** (2014): “*Skinless wonders*”: *Body Worlds and the Victorian freak show*. J Hist Med Allied Sci, **69**, 38-67.
- 9. Henry RW, Janick L, Henry C** (1997): *Specimen preparation for silicone plastination*. J Int Soc Plastination, **12**(1):13-17.
- 10. Marks DL, Chaney EJ, Boppart SA** (2008): *Plastinated tissue samples as three-dimensional models for optical instrument characterization*. Opt Express, **16**, 16272-16273.
- 11. Miklosová M, Miklos V** (2004): *Plastination with silicone method S 10--monitoring and analysis causes of failure*. Biomed Papers, **148**, 237-238.
- 12. Oostrom K** (1987): *Fixation of tissue for plastination: General principles*. J Int Soc Plastination, **1**(1):3-11.
- 13. Pashaei S** (2010): *A Brief Review on the History, Methods and Applications of Plastination*. Int J Morphol, **28**, 1075-1079.
- 14. Pereira-Sampaio MA, Marques-Sampaio BP, Sampaio FJ, Henry RW** (2011): *Shrinkage of renal tissue after impregnation via the cold Biodur plastination technique*. Anat Rec (Hoboken), **294**, 1418-1422.
- 15. Petru B, Constantin D, Ionut B, Dan I** (2014): *Specific biomaterials used within the department of anatomy*. Key Eng Mat, **583**, 107-111.
- 16. Ravi SB, Bhat VM** (2011): *Plastination: A novel, innovative teaching adjunct in oral pathology*. J Oral Maxillofac Pathol, **15**, 133-137.
- 17. Riepertinger A** (1988): *Fixation of the brain plastination: Special considerations*. J Int Soc Plastination, **2**(1):8-12.
- 18. Sagoo MG, Adds PJ** (2013): *Low-temperature dehydration and room-temperature impregnation of brain slices using Biodur™ S10/S3*. J Int Soc Plastination, **25**, 3-8.
- 19. Steinke H, Pfeiffer S, Spänel-Borowski K** (2002): *A new plastination technique for head slices containing brain*. Ann Anat, **184**, 353-358.
- 20. Sughanty J, Francis DV** (2012): *Plastination using standart S10 technique – our experience in christian medical college, vellore*. J Anat Soc India, **61**, 44-47.
- 21. von Hagens G** (1986): *Heidelberg plastination folder: Collection of technical leaflets for plastination*. Biodur Products, Rathausstrasse 18, Heidelberg
- 22. von Hagens G, Tiedemann K, Kriz W** (1987): *The Current Potential of Plastination*. Anatomy and Embryology, **175**, 411-421
- 23. Weiglein AH, Henry RW** (1993): *Curing (Hardening, polymerization) of the polymer – Biodur™ S10*. J Int Soc Plastination, **7**, 32-35.
- 24. Zheng WX, Zhou JN, Yu SB, Sui HJ** (2013): *Effects of time and temperature of curing on hardness of organs in silicone plastination*. Acta Anatomica Sinica, **44**, 368-371.

Geliş Tarihi: 30.01.2015 / Kabul Tarihi: 27.03.2015

**Yazışma Adresi:**

Yrd. Doç. Dr. Okan EKİM  
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi  
Anatomi Anabilim Dalı  
06110 Dışkapı / ANKARA  
e-posta: okanekim@yahoo.com