

T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
MERAM TIP FAKÜLTESİ  
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF ve ESTETİK CERRAHİ  
ANABİLİM DALI

**SIÇANLARDA EZİLME TİPİ TRAVMATİK  
AMPUTASYONLARIN YÖNETİMİNDE, EKTOPIK  
REPLANTASYONUN AMPUTAT YAŞAYABİLİRLİĞİ  
ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

DR. MÜNÜR SELÇUK KENDİR  
UZMANLIK TEZİ

KONYA, 2022

T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
MERAM TIP FAKÜLTESİ  
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF ve ESTETİK CERRAHİ  
ANABİLİM DALI

**SIÇANLARDA EZİLME TİPİ TRAVMATİK  
AMPUTASYONLARIN YÖNETİMİNDE, EKTOPIK  
REPLANTASYONUN AMPUTAT YAŞAYABİLİRLİĞİ  
ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

DR. MÜNÜR SELÇUK KENDİR  
UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI  
PROF. DR. BİLSEV İNCE

**KONYA, 2022**

## TEŞEKKÜRLER

Kalem tutmayı öğrenerek başlayıp, meslek sahibi olmaya giden bu uzun yolda bana verdikleri eşsiz katkıları ve cömertçe paylaştıkları tecrübeleri ile yol göstermeleri sebebiyle ömür boyu minnettar kalacağım **Tüm Hocalarıma;**

Mesleki birikimimi her zaman daha ileriye taşımam için bana yol gösteren ve deneyimlerini aktarmaktan hiçbir zaman çekinmeyen, aynı zamanda Meram Tıp Fakültesi Plastik Cerrahi Kliniği kurucusu Anabilim Dalı Başkanımız **Sayın Prof. Dr. Nedim Savacı'ya;**

Akademik birikimi ve bilime olan tutkusuyla meslek hayatımı şekillendiren, bana her zaman ve her koşulda sorgulamayı öğreten, her sorunumu mütevazılıkla ve anlayışla dinleyip çözüm öneren ve aynı zamanda tez danışmanım olan **Sayın Prof. Dr. Bilsev İnce'ye;**

Cerrahi uygulamaları, hasta yönetimi ve prensipler üzerine kurulu meslek yaşantısı ile bana her zaman örnek olan, plastik cerrahi sanatında mükemmeli aramayı öğreten, örnek cerrah olmasının yanı sıra gerektiğinde ağabeylik yapan **Sayın Prof. Dr. Mehmet Dadacı'ya;**

Güler yüzü ve iyi niyetiyle bana her zaman destek olan, mutluluğuma da, üzüntüme de ailemden biri gibi ortak olan, sahip olduğu estetik bakış ve deneyim ile bana estetik cerrahinin ne olduğunu ve nasıl olması gerektiğini öğreten **Sayın Prof. Dr. Zeynep Altuntaş'a;**

Tez çalışmamın istatistiksel analizleri için bana yardımcı olan  
**Sayın Doç. Dr. Mehmet Uyar'a;**

Asistanlık sürecim boyunca bana öğreten ve yol gösteren abilerim **Dr. İlker Uyar'a, Dr. Mehmet Emin Cem Yıldırım'a, Dr. Mecid Ismayilzade'ye ve Dr. Orkun Uyanık'a;**

Bu teze konu olan çalışmanın gerçekleştirilmesinde bana yardımlarını esirgemeyen  
**Dr. Zikrullah Baycar ve Dr. Hayri Ahmet Burak Nurşen'e;**

Berber çalışmaktan her zaman büyük keyif aldığım arkadaşlarım **Dr. Pınar Öztürk'e, Dr. Arda Soylu'ya, Dr. Muaz Zuhour'a, Dr. Mahmut Tekecik'e, Dr. Erdem Zuhale,**

özellikle başasistanlığım boyunca hasta takibinde bana elinden gelen tüm desteği veren

**Dr. Orhan Gök'e ve Dr. Melikhan Tatar'a,**

Her şeyimi borçlu olduğum, ilk adımlarımdan itibaren her an yanımda olan çok

**Kıymetli Ailem; Annem, Babam ve Kardeşime,**

Tüm bu yoğun çalışma temposunda her zaman ve her konuda bana destek olmuş olan ve kahrımı çeken hayat arkadaşım **Dr. İlayda Baykan'a** sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Münür Selçuk Kendir

Mayıs 2022 – KONYA

## ÖZET

### **Sıçanlarda Ezilme Tipi Travmatik Ampütasyonların Yönetiminde, Ektopik Replantasyonun Ampütat Yaşayabilirliği Üzerine Etkisinin Araştırılması**

**Dr. Münür Selçuk Kendir**

**Uzmanlık Tezi**

**Konya – 2022**

**Amaç:** Klinik deneyimler ve raporlarda ektopik replantasyon yapılan olgularda gösterilen yüksek ampütat yaşayabilirliği başarısı bu konuda kontrollü çalışma yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu çalışmada, deneysel kontrollü bir çalışmayla ezilme tipi yaralanma sonrasında ektopik replantasyonun diğer tekniklerle kıyaslanması ve ampütat yaşayabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Bu çalışma için 40 adet Wistar Albino cinsi erkek sıçan, 4 farklı gruba ayrıldı. Grup 1'deki hayvanlara giyotin tarzı ampütasyon ve ortotopik replantasyon, Grup 2'deki hayvanlara ezilme tipi ampütasyon ve ortotopik replantasyon, Grup 3'teki hayvanlara ezilme tipi ampüyasyon ve ven grefti kullanılarak ortotopik replantasyon, Grup 4'teki hayvanlara ezilme tipi ampütasyon ve ektopik replantasyon uygulandı.

Yapılan cerrahi işlemler sonrasında, flep yaşayabilirliği ve perfüzyon yüzdesi 3'üncü günde infrared kamera ile, 7'nci günde ise sağ kalan flep alanı oranı ve pedikül damarlarda trombüs oluşup oluşmaması ile değerlendirildi. Ayrıca, 3'üncü ve 7'nci günler elde edilen verilerin birbirleriyle korele olup olmadıkları değerlendirildi.

**Bulgular:** Cerrahi sonrası 3'üncü günde SPY cihazı kullanılarak yapılan değerlendirmelere göre flep perfüzyon yüzdeleri Grup 1'de ortalama %73,5, Grup 2'de ortalama %11,1, Grup 3'te ortalama %65, Grup 4'te ortalama %64,1 olarak tespit edildi. İstatistiki değerlendirmede Grup 1 en iyi Grup 2 en kötü sonuçlara sahipken ( $p<0,05$ ), Grup 3 ve 4 arasında istatistiki anlamlı fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).

7'nci günde çekilen standart fotoğraflar Digimizer görüntü analiz programı ile değerlendirildiğinde, yaşayan flep alanları Grup 1'de ortalama %74,6, Grup 2'de ortalama %2,5, Grup 3'te ortalama %64,5, Grup 4'te ortalama %64 olarak tespit edildi. İstatistiki değerlendirmede Grup 1 en iyi Grup 2 en kötü sonuçlara sahipken ( $p<0,05$ ), Grup 3 ve 4 arasında istatistiki anlamlı fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).

7'nci günde yapılan değerlendirmeye göre Grup 1'de 2 hayvanda, Grup 2'de 9 hayvanda, Grup 3 ve 4'te ise 3'er hayvanda damarlarda trombüs saptandı. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiki anlamlı fark olduğu görüldüğü ( $p<0,05$ ).

3'üncü gün yapılan perfüzyon değerlendirmesinde eşik değeri altındaki tüm sıçanlarda 7. günde tam veya tama yakın nekroz görülürken, eşik değeri üzerindeki sıçanlarda tam flep sağkalımı ya da parsiyel nekroz gözlemlendi.

**Sonuç:** Ezilme tipi yaralanma sonrası meydana gelmiş olan amputasyonlarda, amputatın durumu replantasyona elverişli ise; güdüğün fazla kısaltılmadan tamamen tüm debris ve ezilmiş dokudan arındırılacak şekilde debride edilip güvenilir kan akımının sağlanabilmesinin mümkün olduğu durumlarda debridman ve ven grefti ile onarımı; bu şartların sağlanmasının mümkün olmadığı, tekrarlayan debridman gerektirebilecek, kirli ve kan akımının şüpheli olduğu durumlarda ise geçici ektopik replantasyon uygulanmasını önermekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Ezilme Tipi Yaralanma, Replantasyon, Mikrocerrahi, Damar Anastomozu, Ektopik Replantasyon

## ABSTRACT

### **Evaluation of the Effect of Ectopic Replantation on Amputate Viability in the Management of Crush-Type Traumatic Amputations in Rats**

**Dr. Münür Selçuk Kendir**  
**Specialization in Medicine Thesis**  
**Konya – 2022**

**Objective:** The high success rate of amputate viability in ectopic replantation cases at clinical experiences and reports necessitated a controlled study on this subject. In this study, it was aimed evaluate to amputate viability at ectopic replantation after crush injury and to compare the success rate with other replantation techniques with an experimental controlled study.

**Methods:** For this study, 40 male Wistar Albino rats were divided into 4 different groups. Animals in Group 1 underwent guillotine amputation and orthotopic replantation, animals in Group 2 underwent crush-type amputation and orthotopic replantation, animals in Group 3 underwent crush-type amputation and orthotopic replantation with vein graft, and animals in Group 4 underwent crush-type amputation and ectopic replantation.

After the surgical procedures, flap viability and perfusion rate were evaluated with infrared perfusion evaluation system on the 3<sup>rd</sup> day. And on the 7<sup>th</sup> day the surviving flap area ratio and the formation of thrombus in the pedicles were evaluated. In addition, it was evaluated whether the data obtained on the 3<sup>rd</sup> and 7<sup>th</sup> days were correlated with each other or not.

**Results:** According to the evaluations made by using SPY on the 3<sup>rd</sup> postoperative day, the average flap perfusion percentages were 73.5% in Group 1, 11.1% in Group 2, 65% in Group 3, and 64% in Group 4. In the statistical evaluation, while Group 1 had the best and Group 2 the worst results ( $p<0.05$ ), no statistically significant difference was found between Groups 3 and 4 ( $p>0.05$ ).

When the standard photographs taken on the 7<sup>th</sup> day were evaluated with the Digimizer image analysis program, the average surviving flap areas were 74.6% in Group 1, 2.5% in Group 2, 64.5% in Group 3, and 64% in Group 4. In the statistical evaluation, while Group 1 had the best and Group 2 the worst results ( $p<0.05$ ), no statistically significant difference was found between Groups 3 and 4 ( $p>0.05$ ).

According to the evaluation made on the 7<sup>th</sup> day, there were trombus formation in the pedicles of 2 animals in Group 1, 9 animals in Group 2, 3 animals in Group 3 and 3 animals in Group 4.

When the obtained data were evaluated statistically, it was seen that there was a statistically significant difference between the groups ( $p<0.05$ ).

In all the flaps that were below the threshold level in the perfusion evaluation performed on the 3rd day, complete or nearly complete necrosis were observed on the 7th day. While complete flap survival or partial necrosis were observed in the flaps that were above the threshold level.

**Conclusion:** In crush amputations, when the condition of the amputate is suitable for replantation; we recommend debridement and repair with vein grafting, if it is possible to debride the stump without too much shortening, remove all debris and crushed tissue completely and ensure reliable blood flow at the stump. We recommend temporary ectopic replantation in the cases that it is not possible to meet these conditions, in which the wound contaminated or would probably require repeated debridements and blood flow of the stump is doubtful.

**Keywords:** Crush Type Injury, Replantation, Microsurgery, Vascular Anastomosis, Ectopic Replantation

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ-TEŞEKKÜR.....                                                       | iii  |
| ÖZET.....                                                                 | v    |
| ABSTRACT.....                                                             | vii  |
| İÇİNDEKİLER.....                                                          | ix   |
| TABLOLAR.....                                                             | x    |
| ŞEKİLLER.....                                                             | xi   |
| KISALTMALAR.....                                                          | xiii |
| 1-GİRİŞ .....                                                             | 1    |
| 2-GENEL BİLGİLER .....                                                    | 3    |
| 2.1. Mikrovasküler Cerrahi ve Replantasyon Uygulamalarının Tarihçesi..... | 3    |
| 2.2. Replantasyon Cerrahisi.....                                          | 4    |
| 2.3. Ezilme Tipi Ampütasyonlar ve Yönetim Güçlükleri .....                | 10   |
| 2.4. Geçici Ektopik Replantasyon .....                                    | 12   |
| 2.5. Sıçanlarda Femoral Vasküler Anatomi.....                             | 16   |
| 2.6. Sıçan Kasık Flebi Replantasyon Modeli.....                           | 17   |
| 2.7. Sıçan Ezilme Tipi Yaralanma Modeli .....                             | 20   |
| 3-GEREÇ VE YÖNTEM .....                                                   | 22   |
| 3.1. Anestezi .....                                                       | 22   |
| 3.2. Cerrahi İşlem .....                                                  | 22   |
| 3.3. Gruplar .....                                                        | 31   |
| 3.4. Dolaşım ve Yaşayabilirliğinin Değerlendirilmesi.....                 | 32   |
| 4-BULGULAR.....                                                           | 36   |
| 5-TARTIŞMA.....                                                           | 39   |
| 6-SONUÇ.....                                                              | 44   |
| KAYNAKLAR.....                                                            | 45   |

## TABLÖLAR

| <b><u>Tablo</u></b>                                                    | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Tablo 1. Replantasyon uygulamasının endikasyon ve kontraendikasyonları | 6                   |
| Tablo 2. Tüm gruplarda sıçanlara yapılan ölçüm ve değerlendirilmeler   | 38                  |



## ŞEKİLLER

| <u>Şekil</u>                                                                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 1. Mitolojik Yunan tanrısı, Kimera                                                                                      | 4            |
| Şekil 2. Ampüte parçanın uygun taşınma biçimi                                                                                 | 7            |
| Şekil 3. Sol el 5. parmak, orta falanks seviyesinden travmatik ampüte olmuş bir vakada başarılı olmuş replantasyon uygulaması | 9            |
| Şekil 4. Ezilme tipi subtotal ampütasyon sonrasında ven grefti kullanımı                                                      | 11           |
| Şekil 5. Geçici ektopik replantasyonlarda alıcı damar seçenekleri                                                             | 14           |
| Şekil 6. Sıçan femoral damarlar ve dalları                                                                                    | 16           |
| Şekil 7. Pedikülü üzerinde izole edilmiş sıçan kasık flebi                                                                    | 17           |
| Şekil 8. Sıçan kasık flebi sınırlarını belirleyen anatomik noktalar                                                           | 18           |
| Şekil 9. Sıçan kasık flebi pedikül diseksiyonu, şematik gösterim                                                              | 19           |
| Şekil 10. Ezilme tipi yaralanma modeli                                                                                        | 21           |
| Şekil 11. Avülziyon tipi yaralanma modeli                                                                                     | 21           |
| Şekil 12. Sıçan sol kasık flebinin tasarımı                                                                                   | 23           |
| Şekil 13. Sıçan sol kasık flebinin femoral pedikül üzerinde izole edilmesi                                                    | 24           |
| Şekil 14. Giyotin tipi ampütasyon, mikroskopik görünüm                                                                        | 26           |
| Şekil 15. Ezilme tipi ampütasyon uygulaması                                                                                   | 27           |
| Şekil 16. Sıçanlarda posterior fasiyal ven sinir grefti eldesi                                                                | 29           |
| Şekil 17. Ven grefti kullanılarak gerçekleştirilen ortotopik replantasyon işlemi                                              | 30           |

**Şekil (Devamı)****Sayfa**

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 18. Ektopik replantasyon                                                              | 31 |
| Şekil 19. ICG yardımcı infrared görüntüleme                                                 | 33 |
| Şekil 20. Digimizer görüntü analizi programı ile yaşayan flep alanı yüzdesinin belirlenmesi | 34 |
| Şekil 21. 3'üncü günde yapılmış olan perfüzyon değerlendirme sonuçları                      | 36 |
| Şekil 22. Grup 4'ten örnek 3 sıçan, post-op 7. gün görünümü.                                | 37 |



## KISALTMA ve SİMGELER:

|       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| FDS:  | Fleksör dijitorum süperfisiyalis      |
| DIP:  | Distal interfalageal eklem            |
| SF:   | % 0,9'luk serum fizyolojik            |
| SCİA: | Superficial circumflex iliac arter    |
| SİEA: | Superficial inferior epigastric arter |
| ICG:  | Indosiyanin yeşili                    |



## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Travmatik uzuv kayıpları, birey için, ciddi fonksiyonel ve psikolojik kayıpları da beraberinde getirmektedir. Özellikle son yüzyılda, ağır sanayi iş kollarında çalışan nüfusun artması ve askeri alanda yüksek patlayıcı gücü olan silahların kullanımının artmasıyla, travmatik amputasyon vaka sayısında dünya genelinde hızlı bir yükselme meydana gelmiştir. (1) Neyse ki, mikrocerrahi teknikteki gelişmeler ve biriken tecrübenin ışığında ampute olmuş ekstremiteler ve diğer uzuvların başarılı bir şekilde yerine iadesi (replantasyon) günümüzde mümkündür.

Replantasyon, amputasyon sonrası orijinale en yakın rekonstrüksiyon seçeneği olarak karşımıza çıkmaktadır. (2) Ampute parçanın yönetiminde ilk seçenek ampute parçanın uygun sayıda arter ve ven anastomozu ile anatomik konumuna iade edilmesi (ortotopik replantasyon) olmakla birlikte; travmanın karmaşıklığına bağlı olarak, alıcı damar problemleri sebebiyle, tüm vakalarda ortotopik replantasyon mümkün olmamaktadır. (3) Ayrıca, ezilme ve avülsiyon tipi amputasyonlar sonrasında ortotopik replantasyon mümkün olsa dahi; erken dönem takip sürecinde derin doku enfeksiyonları, nekroz ve sonrasında re-amputasyon gibi istenmeyen sonuçlarla karşılaşmaktadır. (4,5) Bunlara ek olarak, multi-travmalarda hastanın genel durumu replantasyon gibi uzun ve yıpratıcı bir operasyona izin vermeyebilir. (6) Bunlar ve buna benzer diğer durumlarda hem tekrar yerine konması mümkün olmayan ampute parçanın kurtarılması, hem de hastanın genel durumunun düzelmesi için zaman kazanılması açısından ektopik replantasyonlar gündeme gelmektedir. (7,8)

Ektopik replantasyon, ampute olmuş vücut parçasının, kendi anatomik konumu dışında bir bölgeye, farklı alıcı damarlar kullanılarak iade edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu protokole, ektopik replante edilen uzvun kanlanması hastanın ve damarların durumu ortotopik replantasyona uygun olana kadar yeni konumunda devam etmekte, uygun koşulların oluşmasının ardından ikinci bir operasyonla uzuv anatomik yerine iade edilmektedir. Ektopik replantasyon, ilk olarak Godina ve arkadaşları tarafından 1986 yılında tanımlanmış olup, sonrasında farklı vaka raporlarında başarılı ektopik replantasyon uygulamaları bildirilmiştir. (9,10)

Ezilme ve avülsiyon tipi amputasyonlarda yüksek enerjili künt travma sonrası doku bütünlüğünün bozulması ve uzuv kaybı meydana gelmektedir. Aktarılan yüksek enerji ile dokularda mikroskobik düzeyde harabiyet oluşmakta ve travma zonu gözle görülenden daha geniş bir alana yayılım göstermektedir. (11) Ezilme tipi yaralanmalarda, diğer dokular gibi, damarların harabiyeti de amputasyon noktasının proksimal ve distalinde geniş bir alana yayılmaktadır. Amputasyon güdüğünde yeterli dolaşımın sağlanamamasına sebep olan bu durum, uygulanan ileri mikrocerrahi tekniklere rağmen başarısız ortotopik replantasyon girişimleriyle sonuçlanmaktadır. (4) Bu tip yaralanmalarda amputatın replantasyona elverişli olduğu, ancak proksimal uçta ezilmenin etkisiyle yeterli miktarda kan akımı sağlanamadığı durumlarda, klinik pratikte ektopik replantasyonlar uygulanmaktadır.

Literatür incelendiğinde, sınırlı sayıda da olsa ektopik replantasyonun gösterildiği vaka takdimleri ve derleme çalışmaları bulunmasına rağmen, bu konuda deneysel kontrollü bir çalışma bulunmamaktadır. İlgili klinik deneyimlerdeki ektopik replantasyon yapılan olgularda gösterilen amputat yaşayabilirliği başarısı bu konuda kontrollü çalışma yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu çalışmada, deneysel kontrollü bir çalışmayla ezilme tipi yaralanma sonrasında ektopik replantasyonun başarısının diğer tekniklerle kıyaslanması ve ektopik replantasyon sonrasında amputat yaşayabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Mikrovasküler Cerrahi ve Replantasyon Uygulamalarının Tarihçesi

Mikrocerrahi uygulamalar, operasyon mikroskopu ile özel geliştirilmiş mikro aletler ve mikro suture materyalleri kullanılarak yapılan cerrahi operasyonlar olarak tanımlanmaktadır. (13) Mikrocerrahinin babası olarak bilinen Carl-Olof Siggesson Nylen 1921 yılında ilk ameliyat mikroskopunu tasarlamış ve önce hayvan deneylerinde ardından da kronik otiti olan bir hastada labirent cerrahisi için kullanmıştır. (14)

Tarihte ilk damar onarımı Ambroise Pare tarafından tariflenmiştir. Suture kullanılarak yapılmış olan bilinen ilk damar onarımı ise 1759 yılında Hallowell tarafından gerçekleştirilmiştir. (15) 1902'de Alexis Carrel, günümüzde de vasküler cerrahinin temel bir tekniği olarak kullanılan 3'lü suture tekniği ile, ilk vasküler uç uca anastomozu gerçekleştirmiştir. 1906'da Goyanes ve 1907'de Lexer ilk otojen ven grefti uygulamalarını literatüre sokmuş, 1912'ye gelindiğinde ise Guthrie köpeklerde ampute uzuvların replantasyonunu tanımlamıştır. Daha sonra, Carrel ve Guthrie deneysel organ nakilleri de (kalp, böbrek ve yumurtalık) gerçekleştirmiştir. Carrel, 1912'de arter anastomozu için tanımladığı tekniği ile tıp ve fizyoloji dalında Nobel Ödülü'ne layık görülmüştür. (13)

1961 yılında, Jacobson ve Suarez mikroskop altında damar cerrahisi yaparak mikrovasküler cerrahinin temellerini atmış oldular. (16) Bu gelişmenin hemen peşine, 1962'de Malt ve McKhann, bir tren kazası sonucu kolu kopan 12 yaşındaki bir çocukta dünyanın ilk başarılı kol replantasyonunu gerçekleştirmiştir. 1963 yılında, ünlü el cerrahları Harold Kleinert ve Mort Kasdan, bir parsiyel parmak amputasyonu vakasında, bilinen ilk revaskülarizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. (14) Bilinen ilk tam başparmak ve işaret parmağı replantasyonu ise 1972 yılında Duke Üniversitesi'nde yapılmıştır. (17)

1972'de Tokyo Metropolitan Hastanesi'nde Harii ve Ohmori Jr. başarılı bir şekilde gerçekleştirilen ilk serbest deri flebini, temporal serbest flep kullanarak başarmışlardır. 1974'te Taylor ve arkadaşları vaskülarize fibula serbest flebi ile tibia rekonstrüksiyonu uygulamasında bulunmuştur. (14) Ve bu iki uygulamayı diğer serbest flepler takip etmiştir.

İlerleyen yıllarda, 1998 yılında Fransa'da ilk el nakli gerçekleştirilmiş olup, (18) nunu karın ön duvarı, larinks ve yüz transplantasyonları izlemiştir. İmmünoterapi alanında artan gelişmeler ile kompozit doku nakillerine daha fazla odaklanılmış ve bu konudaki çalışmalara ağırlık verilmeye başlanmıştır. Günümüzde, deneysel çalışmalarda organ nakli

sonrası kimerizm elde edilerek immünoterapi ya da immünsüpresyonun olmadığı kompozit doku nakilleri gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. (19) (Şekil 1)



Şekil 1. Mitolojik Yunan tanrısı, Kimera

## 2.2 Replantasyon Cerrahisi

Son 60 yılda mikrocerrahi alanda meydana gelen gelişmeler ile, daha önce mümkün olmayan, vücuttan ayrılmış parçaların ya da travma sonrası damarsal beslenmesini kaybetmiş uzuvların kurtarılması mümkün hale gelmiştir. Burada iki temel tanım karşımıza çıkmaktadır. **Replantasyon**, vücuttan tam ayrılmış olan parçaların damar onarımları ile yerine iade edilmesidir; **revaskülarizasyon** ise bazı dokuların hala sağlam olduğu, ancak arteriyel dolaşımın olmadığı, tamamlanmamış bir amputasyondaki damar onarımını tanımlamak için kullanılmaktadır. (20)

## Endikasyon ve Kontraendikasyonlar

Mikrocerrahi tekniklerin ve cerrahi yeteneklerin her geçen yıl daha da gelişmesi ile replantasyon başarı oranları önemli ölçüde artış göstermiştir. (20) Bunun sonucu olarak, günümüzde çoğu plastik cerrah ve el cerrahı belirli koşullara dayalı olarak hastaların ihtiyaçlarına göre her seviyede ve her türlü yaralanma paterninde, eğer mümkünse, replantasyon denemektedirler. Bu bağlamda klinik pratikte genişletilmiş bir endikasyon listesinden bahsetmek mümkündür.

Ampute bir parçanın replantasyonuna karar verirken, karar verme sürecindeki belki de en önemli adım; cerrah ve hasta arasında tedavi ve rehabilitasyona harcanan zaman, beklenen fonksiyonel kullanım, olası ikincil prosedürler ve gerçekçi beklentiler hakkında yapılan tartışmadır. Yaralanma mekanizması, yaralanma seviyesi, hangi uzvun ampute olduğu, hastanın mesleği, işten izin süresi, tedaviye bağlılık ve tedaviye erişilebilirlik, replantasyonun gerçekleştirilip gerçekleştirilmeyeceğine karar vermede önemlidir. (21)

Genel olarak geçerli kesin replantasyon endikasyonları, başparmak ya da çok sayıda parmak amputasyonu, transmetakarpal, el bileği ve önkol seviyesinden olan amputasyonlar, çocuklarda tek parmak amputasyonu, erişkinde fleksör digitorum süperfisiyalis (FDS) tendonunun yapışma yerinin distalinden meydana gelmiş amputasyonlar olarak sıralanabilir.

Göreceli endikasyonlar ise, distal interfalangeal eklem (DIP) distalinden ampute olmuş tek parmak, FDS tendonunun yapışma yerinin proksimalinden ampute olmuş tek parmak, ezilme ve avülsiyon yaralanmasıyla meydana gelen amputasyonlar, dirsek ve dirsek üstü seviyelerden meydana gelmiş amputasyonlar ve ileri hasta yaşıdır.

FDS tendonunun yapışma yerinin proksimalinden meydana gelmiş amputasyonlar, olası sonuçların tatmin edici olmayacak olması sebebiyle kesin endikasyonlar arasında kabul edilmese dahi çoğu yazar başarılı sonuçlar raporlamıştır, (22, 23, 24) ve günümüzde genellikle bu seviyeden amputasyonlarda da replantasyon denenmektedir. Benzer tartışmaların devam etmekte olduğu DIP distalindeki amputasyonlar için de başarılı sonuçlar elde edilmekte ve bu yaralanmalarda da replantasyonun denenmesi gerektiği önerilmektedir. (25, 26)

Amputasyon yönetiminde replantasyonun kontraendike kabul edildiği ve güdük revizyonu önerilen durumlar ise; eşlik eden hayatı tehdit eden travma varlığı, psikiyatrik açıdan stabil olmayan hasta, ciddi sistemik hastalık varlığı, ciddi şekilde ezilmiş amputat,

birden çok seviyeden yaralanmış amputat, kontaminasyon ve uzun iskemi süresi olarak belirlenmiştir. (Tablo 1)

|                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Kesin Endikasyonlar</b>                                         |
| Başparmak                                                          |
| Çok sayıda parmak                                                  |
| Transmetakarpal                                                    |
| Bilek                                                              |
| Önkol                                                              |
| Çocuklarda tek parmak                                              |
| FDS tendonunun yapışma yeri distalinden ampute olmuş tek parmak    |
| <b>Göreceli Endikasyonlar</b>                                      |
| Distal interfalangeal eklem distalinden ampute olmuş tek parmak    |
| FDS tendonunun yapışma yeri proksimalinden ampute olmuş tek parmak |
| Ezilme ve avülsiyon tipi yaralanmalar                              |
| Dirsek ve dirsek proksimali                                        |
| İleri yaşta hasta                                                  |
| <b>Kontraendikasyonlar</b>                                         |
| Eşlik eden hayatı tehdit eden travma varlığı                       |
| Psikiyatrik açıdan stabil olmayan hasta                            |
| Sistemik hastalık (örn: ciddi aterosklerotik damarlar)             |
| Ciddi seviyede ezilmiş amputat                                     |
| Birden çok seviyede yaralanmış amputat                             |
| Ciddi kontaminasyon varlığı                                        |
| Uzun sıcak iskemi zamanı (proksimal seviyelerde)                   |

Tablo 1. Replantasyon uygulamasının endikasyon ve kontraendikasyonları

Replantasyon öncesi, sıcak ve soğuk iskemi maksimum süreleri el ve parmaklar için sırasıyla 6 ve 12 saat olarak önerilmektedir. Aynı süreler soğuk iskemi için ise 12 ve 24 saat olarak tavsiye edilmektedir. (21) Bunlara ek olarak, literatürde 94 saat soğuk iskemi sonrası başarılı olmuş bir parmak replantasyonu vakası bildirilmiştir. (27) Kas dokunun iskemi süresinin görece kısa olması sebebiyle, ampute parçadaki kas miktarı arttıkça iskemiye olan tolerasyon azalmaktadır. (28) Bu sebeple üzerinden 4 saat geçmiş proksimal seviye amputasyonlarda replantasyon önerilmemektedir.

Birden çok seviye içeren yaralanmalarda ve ciddi ezilme varlığında replantasyon mümkün olsa da başarı oranının düşüklüğü ve fonksiyonel açıdan iyi sonuçlar elde etmenin güçlüğü sebebiyle bu iki durum da kontraendikasyonlar listesinde yer almaktadır. (21)

## Cerrahi Öncesi

Ampute kısmın taşınması esnasında öncelikle temiz musluk suyu ile yıkanarak mümkün olduğunca kontaminasyondan arındırılması, ardından amputatın %0,9'luk serum fizyolojik (SF) ile nemlendirilmiş bir gaz komprese sarılması ve o halde plastik bir torbanın içerisine konulması gerekmektedir. Bu torbanın da amputatın soğuk tutulması amacıyla içi buz ve soğuk su dolu olan başka bir plastik poşetin içerisine konularak taşınması en doğru taşıma yöntemi olacaktır. (28) (Şekil 2) Amputatın doğrudan buzla teması soğuk hasarına ve donma yaralanmalarına sebep olacağı için doğru bir yöntem olmaz. (20)



Şekil 2. Ampute parçanın uygun taşıma biçimi

İlk başvuru merkezinde değerlendiren konsültan hekimin replantasyon yapma becerisi bulunsa dahi, eğer yeterli tecrübesi yoksa hastanın bu tip operasyonların çokça yapıldığı bir merkeze sevkı uygun olacaktır. (28) Transfer esnasında kanama kontrolünün sağlanması için ekstremité elevasyonu ve güdüğe baskılı pansuman uygulanması gerekir. Damar uçlarının klemlenmesi olası bir replantasyonda başarı şansını düşüreceği için önerilmez. (20) Amputasyon hastalarını transfer ederken sıvı resüsitasyonu ve tetanoz profilaksisi yapılmalı ve geniş spektrumlu intravenöz antibiyotiklere başlanmalıdır.

Hastanın replantasyon merkezine transferi sonrası amputatın ve güdüğün X-ray grafileri alınmalı, hastanın başarısızlık olasılığını anladığından ve başarılı olduğu takdirde bir süre hastanede takip edileceğini bildiğinden emin olunmalı, en azından tendon grefti, ven grefti, sinir grefti, kemik grefti, revizyon amputasyon ve serbest fleple kapatma için aydınlatılmış onamları alınmalıdır. Amputasyonun boyutları ve olası kan kaybı göz önünde bulundurularak eritrosit süspansiyonu hazırlığı yapılması uygun olacaktır.

Hastanın acil servisteki hazırlıkları devam ederken ampute kısmın ameliyat mikroskobu altında değerlendirilmesine başlanılabilir. Vitalitesini kaybetmiş kısımların debridmanı sonrası arter ve ven tanınmalı ardından diseke edilerek damar bütünlüğü değerlendirilmelidir. Eğer damarlarda ribbon sign denilen tirbuşona benzer deformasyon görülürse, ya da damar duvarlarında mor lekelenmeler mevcutsa, avülsiyon tarzı yaralanma lehine düşünülerek başarısızlık ihtimalinin arttığı göz önünde bulundurulmalıdır. (29) Ayrıca bu tarz durumlarda bütünlüğünü kaybetmiş olan damar segmentinin eksize edilerek ven greftiyle onarımı da düşünülebilir. (30) Tespit edilen damarlar mutlaka mikroskop altında mikrosütürlerle işaretlenmelidir.

Eğer vasküler yapıların replantasyona uygun olduğu düşünülürse, amputatın kemik içerdiği durumlarda açık kırık yaklaşımına uygun olarak kemiğin ekspozite kısmı debride edilmelidir. Kemik fiksasyonu için Kirschner telleri veya plak-vida kullanılabilir, ancak basit olan en iyisidir düşüncesiyle dünya genelinde genellikle Kirschner telleri tercih edilmektedir. (31) Belirlenen kemik fiksasyon yöntemine göre amputat tarafı hazırlanılarak zaman kazanılır, bu amaçla K-telleri güdükten geçilerek fiksasyona hazır hale getirilir. Ardından anatomik bölgeye göre tendon ya da sinir gibi onarılması gerek diğer yapılar tespit edilerek işaretlenir.

## **Cerrahi Teknik**

Operasyon başladığında amputat replantasyona hazır durumdadır. Proksimal güdükte yapılan debridmanın ardından, amputatta işaretlenmiş olan dokuların proksimal uçları tespit edilerek sütürlerle işaretlenir.

Distal amputasyonlarda kemik fiksasyonunu takiben tendonlar, sinirler ve damarların bu sırayla onarımı önerilmektedir. (32, 33) Damar onarımları için de arter ve venden hangisinin önce onarılması gerektiği henüz üzerinde bir konsensüsün oluşturulmadığı bir konudur. Önce ven onarımını öneren yazarlar kansız bir sahada tüm damar onarımlarının

tamamlanmasının ardından turnikenin açılmasının avantajından bahsetmekteyken; önce arterlerin onarılmasını önerenler ise venöz dönüş ile şişen venlerin daha kolay ve başarılı onarılacağını iddia etmektedir. (34)

Daha proksimal amputasyonlarda ise kemik fiksasyonunu takiben geçici şant uygulaması yapılarak devam eden iskeminin ve kas nekrozunun durdurulması; ardından onarıma kas-tendon, vasküler yapılar ve sinirler şeklinde devam edilmesi önerilmektedir. (35) Ayrıca büyük miktarda kas içeren amputasyonlarda revaskülarizasyonun sağlanmasını takiben dolaşımı olmayan nekrotik kas dokularının tekrar tespit edilmesi ve debride edilmesi uygun olacaktır.

Amputatın dolaşımının sağlandığından emin olunmasını takiben cilt onarılarak işleme son verilir.



Şekil 3. A- Sol el 5. parmak, orta falanks seviyesinden travmatik ampute, B- Başarılı replantasyon sonrası 7. gün görünüm.

### Ameliyat Sonrası Takip

Replantasyon sonrası dolaşım; deri rengi, kapiller geri dolum, turgor basıncı ve sıcaklık takibi ile izlenir. (36) Kullanılan pansuman materyalinin damarlara basınç uygulamaması için gevşek bırakılması önemlidir. Replante edilen kısım bir yastık üzerinde eleve halde

tutulur. Olası arteriyel ve venöz yetmezlik durumunun erken tespiti amputat yaşayabilirliği açısından önemlidir.

Venöz yetmezlik durumunda cilt mor, turgor basıncı yüksek ve kapiller geri dolum hızlı olarak gözlenir. Venöz yetmezlik elevasyon, eksternal kanatma ve sülük tedavisine cevap verebilir. Tırnak yatağı yerinden kaldırılarak sürekli bir direnaj sağlanabilir. (37) Erken dönemde karşılaşılan venöz yetmezlik arteriyel yetmezliğe göre daha kötü prognozla seyreder. (38)

Beyaz renkli, düşük turgor basıncı olan ve kapiller geri dolum alınamayan amputatta ise arteriyel yetmezlik düşünülür. Arteriyel anastomoz revizyonuna karar vermeden önce; pansuman ve dikişlerin alınması, hasta ve odanın ısıtılması ve kan basıncının optimize edilmesi denenmelidir. Arteriyel yetmezlik ve tıkanıklık erken dönemde uygun şekilde tedavi edildiği takdirde venöz yetmezlikten daha iyi seyir gösterir. (39)

Replantasyon ve serbest flep uygulamalarından sonra antikoagülan tedavi hakkında kanıta dayalı bir bulgu yoktur. Ancak pek çok cerrah anastomozun tamamlanmasını takiben bolus heparin uygulaması yapar. Ayrıca post-operatif dönemde aspirin kullanımı da bazı yazarların tercih ettiği bir tedavidir. (40)

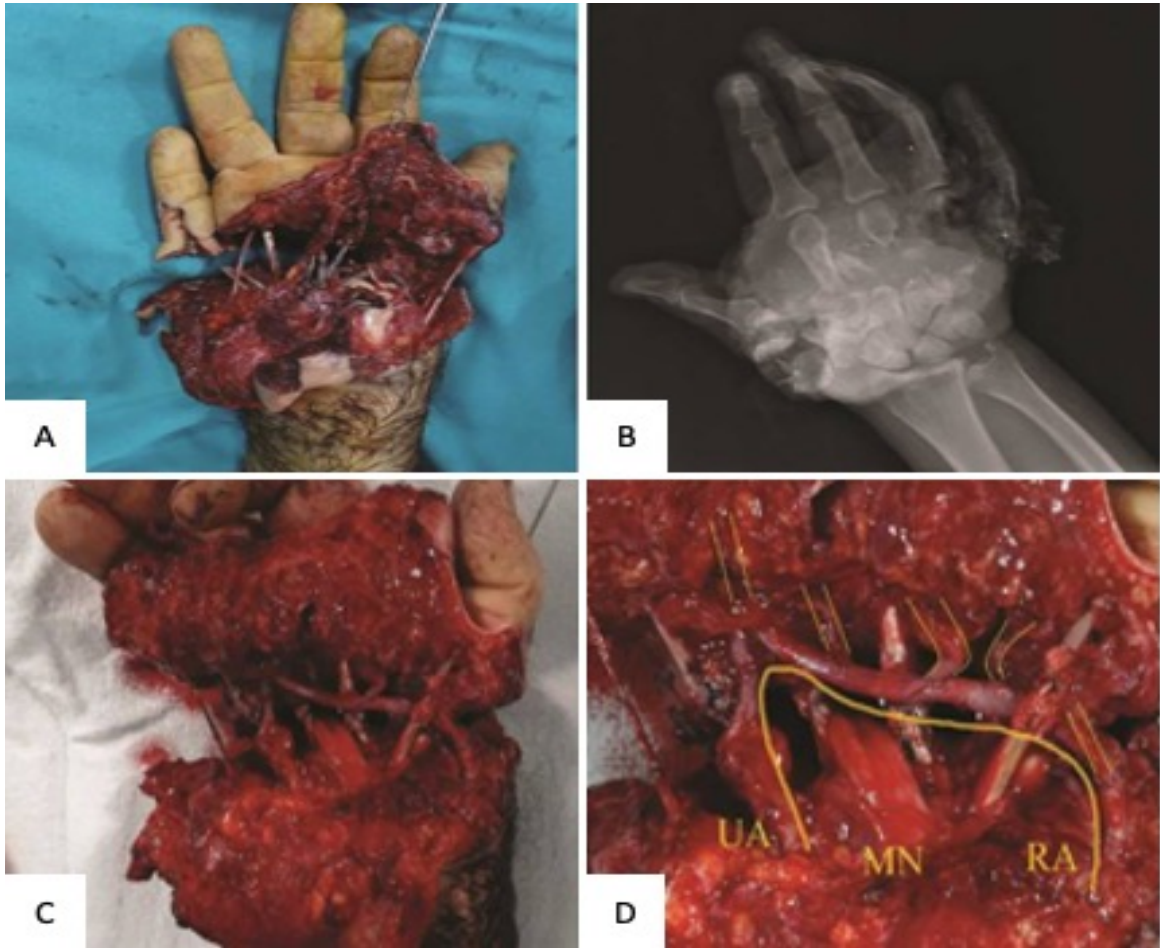
### **2.3 Ezilme Tipi Amputasyonlar ve Yönetim Güçlükleri**

Ezilme tipi yaralanmalar (Crush) nadir olsa da yaralanan organın uzun dönem fonksiyonel sonuçlarının kötü olması sebebiyle önemli olan yaralanmalardır. (41) Ezilme tipi yaralanma mekanizmasında, yüksek enerji dokular üzerindeki basıncı artırmaktadır. Vücut sıvılarının ve kanın basınçla sıkıştırılamaması nedeniyle başta damarlar olmak üzere sinir, kemik ve diğer yumuşak dokular üzerinde basınç hasarı meydana gelmektedir. (42) Bu yaralanmayı ilerleyen süreçte geniş bir alanı kapsayan gecikmiş bir inflamasyon takip eder. Yani yaralanmanın esas boyutları birkaç gün içerisinde ortaya çıkacaktır. (43)

Ezilme tipi yaralanmanın bir uzvun amputasyonu ile sonuçlandığı durumlarda replantasyon başarısı yaralanma tipinin lokal etkileri sebebiyle giyotin tipi amputasyonlara göre daha düşük olmaktadır. (44) Bu tip yaralanmaların en büyük dezavantajı, replantasyonun yapılacağı güdük bölgesinde güvenilir bir kan akımı sağlayan vasküler yapıların çoğu vakada bulunmamasıdır. Bu tip yaralanmalar hem arterler hem de venlerde, gözle görülme de, mikroskobik düzeyde endotel hasarına yol açmaktadır ve bu durum tekrarlayan trombüslere sebep olur. Her iki vasküler yapıyı etkilese dahi, arterlerin ezilme

tipi yaralanmalardan venlere göre daha fazla etkilendiği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir. (45)

Ezilme tipi yaralanma sonrasında hasar alanındaki damarlar ve sinirlerin debride edilip yerlerine ven greftleri ve sinir greftleriyle onarım yapılması bu güçlüğün önüne geçmek için kullanılan metotlardan bir tanesidir. (44, 46) (Şekil 4) Ancak bir çalışmada ezilme tipi yaralanmalarda avülse olmuş damarlar histolojik olarak incelendiğinde, yaralanmanın gerçek boyutlarının gözle görülenin yaklaşık 5 katı olduğu tespit edilmiştir. (47) Bu bilgi ışığında ven grefti uygulamalarının her zaman etkili bir sonuç vermeyebileceği düşünülebilir.



Şekil 4. A- Ezilme tipi subtotal amputasyon sonrasında avülse olmuş derin palmar ark B- Elin X-ray görünümü C- Avülse olmuş damarlar eksize edildikten sonra ven grefti ile onarılmış D- UA: Ulnar arter, MN: Median sinir, RA: Radial arter

Bazen, yaralanmanın şiddetine bağlı olarak, avülse olan damar kısımları tamamen eksize edilse de, güdük arterlerinden akım sağlamak mümkün olmamaktadır. (47) Bu problemin üstesinden gelmek için yüksek proksimal seviyelere kadar damar debride edilip ven greftiyle onarım yapılabilir; ancak bu durumda da ezilme tipi yaralanmış olan yumuşak dokuda nekroz ya da enfeksiyon görülme ihtimali artacak ve replantasyon başarısı düşük olacaktır. (10) Godina ve arkadaşları bu durumda geçici ektopik replantasyon uygulamasını önermişlerdir. (9)

## **2.4 Geçici Ektopik Replantasyon**

Geçici ektopik replantasyon, ortotopik replantasyonun mümkün olmadığı yaralanmalarda, amputatın geçici bir süre için canlılığını sürdürebilmesi amacıyla başka bir vücut bölgesine adapte edilmesidir. Godina ve arkadaşlarının yayınladığı ilk vaka sonrasında gerçekleştirilmiş sınırlı sayıda vaka sunumu ve vaka serileri literatürde mevcuttur. Sınırlı sayıda çalışma bulunması sebebiyle ektopik replantasyon uygulamalarında henüz üzerinde kesin bir fikir birliği sağlanamamış olan pek çok durum söz konusudur.

## **Endikasyonlar**

Az sayıda çalışma ve raporun bulunduğu bu konuda yazarlar henüz endikasyonlar için kesin bir liste oluşturabilmiş değildir. Pek çok yazar farklı endikasyonlarla aynı işlemi uygulamış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Bildirilmiş olan ilk vakalarda ezilme tipi yaralanma sonrasında proksimal güdükte kan akımında düzensizlik görülmüştür. Ayrıca dokunun replantasyona hazır hale getirilebilmesi için radikal bir debridman gerekmekte ve bu durum ekstremitenin ciddi anlamda kısalmasına sebep olmaktaydı. (9) Tüm bunlara ek olarak; gerek ezilme tipi yaralanmanın getirdiği ek sorunlar, gerek damar bütünlüğü açısından ampute uzvun beklenenden daha iyi durumda olması sebebiyle ektopik replantasyon uygulanmıştır.

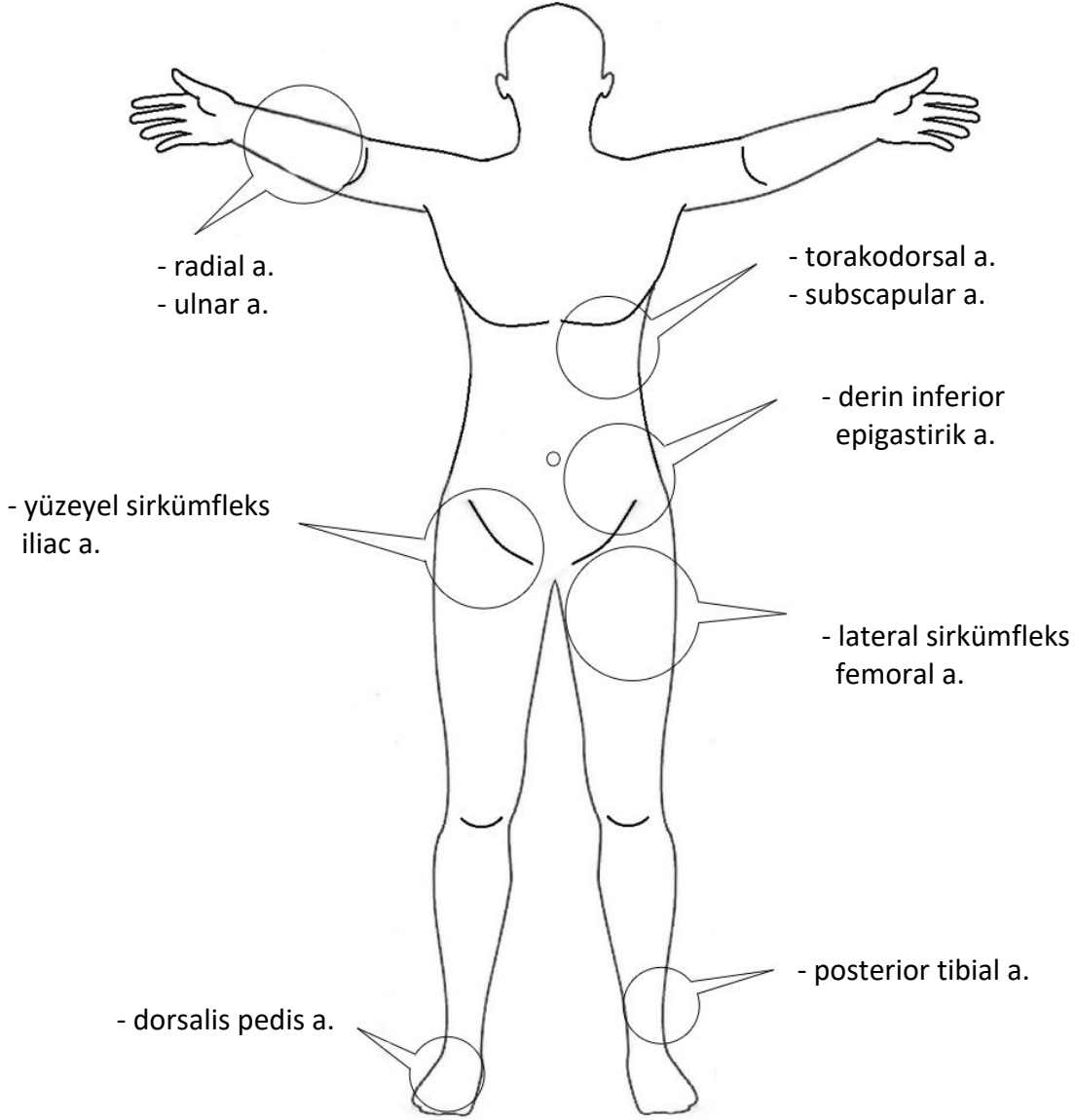
İlerleyen yıllarda, iki farklı raporda, genel durumu replantasyon gibi ağır metabolik ve cerrahi yükü olan bir operasyona müsaade etmeyen multi-travma hastalarında hızlı ve ekstremitte kurtarıcı bir yöntem olarak ektopik replantasyon kullanılmıştır. (48, 49) Ardından gelen çalışmalarda bu endikasyon eleştirilmiş ve genel durumu kötü bir hastada replantasyon düşünülmemesi gerektiği vurgulanmıştır. (10)

Cavadas ve arkadaşları, hem hasta için hem de hekim için yorucu, zaman alıcı, çok sayıda operasyon gerektiren ve işe dönüş süresini uzatan bu tekniğin sadece majör amputasyonlarda kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. (5) Sonraki çalışmalarda ise ikinci seansta mikrocerrahi gerektirmeksizin ekstremitenin yerine iadesinin mümkün olduğu gösterilerek, ektopik replantasyonun parmaklar dahil tüm replantasyonlarda kullanılabileceği ileri sürülmüştür. (12) İlk ortaya çıktığı yıllarda sadece el ve ekstremitte amputasyonları için uygulanmış olsa da, daha yakın zamanda penis, testis ve skalp amputasyonları da geçici ektopik replantasyonla başarılı bir şekilde yönetilmiş ve endikasyon alanı genişletilmiştir. (50, 51, 52)

### **Ektopik Replantasyon Alıcı Sahaları**

İlk raporlarda Godina ve arkadaşları ektopik replantasyon alıcı alanı olarak torakodorsal arter ve aksiller bölgenin kullanımını önermişlerdir (9), ancak takip eden yazarlar elde ettikleri deneyimlere dayanarak farklı önerilerde bulunmuşlardır. Godina ve arkadaşları, kalçadaki hareket nedeniyle anastomoz açısından önemli bir risk oluşturduğu için kasık bölgesinin kullanımına karşı çıkarak; ektopik ampute edilecek uzvun aksillaya yerleştirilmesinin hasta için daha uygun olduğunu ve ikinci seans için amputasyon bölgesine ulaşımın daha kolay olacağını savunmuşlardır. Daha sonraki yazarlar ise kasık bölgesinde derin inferior epigastrik damarlar, (50, 53) yüzeysel sirkümfleks iliak damarlar, (12) lateral sirkümfleks femoral damarlar (54) gibi çeşitli alıcı damarlar kullanmışlardır. Aksiller damarların kullanımına ilişkin daha ileri dönemde yayınlanmış bir raporda subskapular damarların kullanımı gösterilmiştir. (55) Ayrıca, dorsalis pedis arter ve posterior tibial arter gibi alt ekstremitte damarları da ektopik bankalama için kullanılmıştır. (56, 57)

Günümüzde pek çok çalışmada önkol damarlarının kullanımı görülmektedir. Bu çalışmalardan sadece bir tanesinde ulnar arter kullanılmışken, (57) diğerlerinde radial arterin kullanımı gerçekleştirilmiştir. (10) Kolay ulaşılabilir olması, ikinci operasyon için uzun bir pedikül elde etmeye izin vermesi, ven grefti kullanılarak alınan vasküler yapıların rekonstrüksiyonunun mümkün olması gibi avantajları sebebiyle radial arter günümüzde en çok tercih edilen alıcı alan haline gelmiştir. (58) (Şekil 5)



Şekil 5. Geçici ektopik replantasyonlarda kullanılabilecek alıcı damar seçenekleri

### Bekleme Süresi

Ektopik replantasyonlarda bekleme süresi, büyük ölçüde, hem proksimal güdükteki hem de ektopik bölgedeki yaranın iyileşme durumuna bağlıdır. Proksimal güdükteki nekroz veya enfeksiyonun çözülmüş olması ikinci seans için olmazsa olmazdır. Raporlanan ilk vakalarda Godina ve arkadaşları ampute eli 66 gün boyunca göğüs duvarında bankalamış ve yayınlarında proksimal güdükteki hipertrofik skarların kesin olarak çözülmesini sağlayacak kadar uzun bir bekleme süresi önermişlerdir. (9) Ancak, yakın zamanlı çalışmalar ektopik olarak implante edilen parçaların daha erken replantasyonunu destekler niteliktedirler. Graf

ve arkadaşları, gecikmiş replantasyonun, fonksiyonel açıdan kötü sonuçlara sebep olabilecek eklem sertliğine ve tendon retraksiyonuna yol açacağına bildirmişlerdir. (59) Wang ve ekibinin yayınladığı 2 adet ektopik replante edilmiş elden daha uzun süre bankalanarak bekletilmiş olanın fonksiyonel açıdan daha kötü sonuç vermesi de bu durumu destekler niteliktedir. (54) Higgins, ektopik olarak beslenen amputatın, yara yatağı izin verir vermez yerine taşınmasını önermiştir. Daha erken replantasyon; kemik, tendon ve sinir iyileşmesinin daha erken başlamasını sağlamak ve hastalık süresini kısaltmaktadır. (58)

Tüm bu düşüncelerin yanı sıra, literatürde bankalama süresiyle greft sağ kalımı arasında korelasyon gösteren herhangi bir kanıt bulunmamaktadır. Cerrahın yara yerini değerlendirerek, kendi tecrübesi ışığında hareket etmesi ve mümkün olan en kısa zamanda transferi tamamlaması doğru bir yaklaşım olacaktır.

## **Cerrahi İşlem**

Ektopik replantasyon cerrahi basamakları için henüz kabul edilmiş genel geçer bir algoritma olmasa da yapılması gereken cerrahi işlemler şu şekilde sıralanabilir:

- Amputat, mümkün olan en hızlı şekilde yalnızca deri ve damar onarımları ile ektopik replante edilebilir. Daha önceki çalışmalardan edinilen bilgilere göre parmaklar için en uygun yer kontralateral radial arter olacaktır. Anastomozlar uç-uca ya da uç-yan gerçekleştirilebilir.

- Gündüğün debridmanı, uzunluğunun ve kritik yapıların korunması amacıyla, agresif olmadan, zamana yayılarak yapılmalıdır. Burada önemli nokta canlılığını kaybettiğinden emin olunmayan dokunun debride edilmemesidir. Bu yara daha sonra açık yara pansuman tekniği veya negatif basınçlı pansuman tekniği ile tedavi edilebilirken seri debridmanlar yapılabilir.

- Amputasyon güdüğü hazır kabul edildiğinde, hasta için toplam yatış süresini en aza indirmek için eşzamanlı yumuşak doku rekonstrüksiyonu ve ektopik parçanın replantasyonu planlanmalıdır. Parçanın doğal konumuna erken iadesi, sinir rejenerasyonu ve primer tendon onarımlarının sonuçları için de faydalı olacaktır.

- Amputat kaldırılırken, transfer için ektopik alıcı arter ve venin tüm uzunlukları kullanılmalı ve daha önce gerçekleştirilen arteriyel ve venöz anastomozlar korunmalıdır. Bu yaklaşım revaskülarizasyonunun, potansiyel olarak yaralanma bölgesinin dışında,

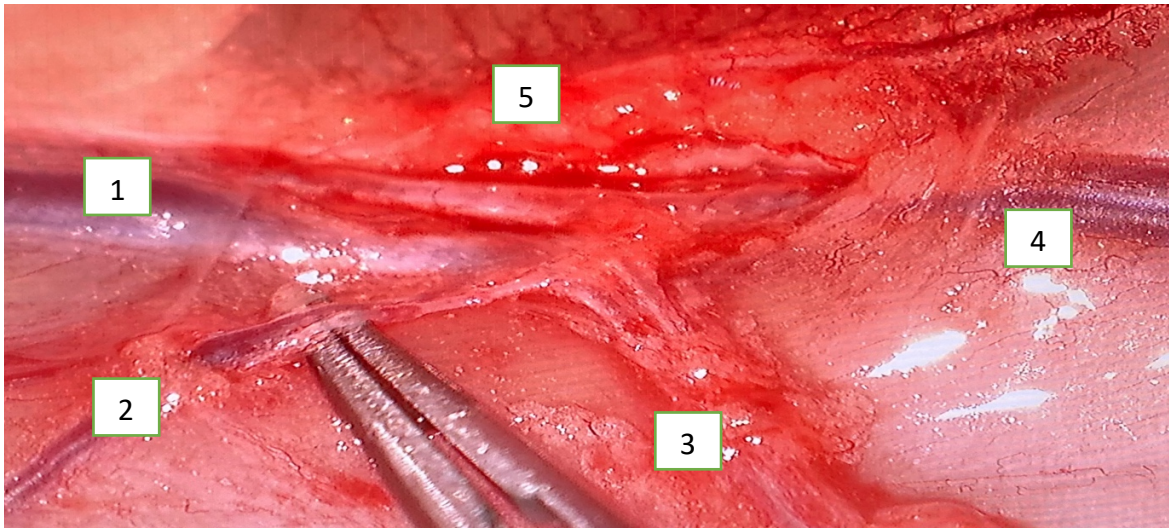
amputasyon güdüğünün proksimal bölümüne yapılmasına izin verecektir. Aynı zamanda, yukarı yöndeki damarların daha büyük kalibreli anastomozları sayesinde daha kolay bir anastomoz gerçekleştirilmesi mümkün olur.

- Ektopik banka olarak kullanılmış ana arterin ve gerekli ise venin alınmasını takiben bu damarlar ven grefti kullanılarak rekonstrükte edilebilir.

## 2.5 Sıçanlarda Femoral Vasküler Anatomi

Sıçan femoral vasküler yapıları, mikrocerrahi çalışmalarda ve mikrocerrahi kurslarında en çok tercih edilen damarlardır. (60) Kolay erişilebilir olması, standart ölçülerde damarlar sunması ve daha önceki çalışmalarda tercih edilmiş olması gibi birtakım avantajları femoral damarların kullanımının bu oranda fazla olmasının önemli sebepleri arasındadır.

Femoral vasküler anatomi pek çok çalışmada gösterildiği gibi neredeyse tüm sıçanlarda aynıdır. Common femoral arter ve ven, inguinal ligamanın hemen altından geçer ve bu noktadan yaklaşık 1,5 cm sonra, sıçanın karın duvarının alt çeyreğini besleyen epigastrik damarları ve bacağı doğru devam eden yüzeysel femoral damarları oluşturur. İnguinal bölgede femoral arterin verdiği dallar: superficial circumflex iliac arter (SCIA), gracilis dalı, superficial inferior epigastric arter (SIEA), popliteal arterler ve safen arter olarak sıralanabilir. (61, 62) (Şekil 6)

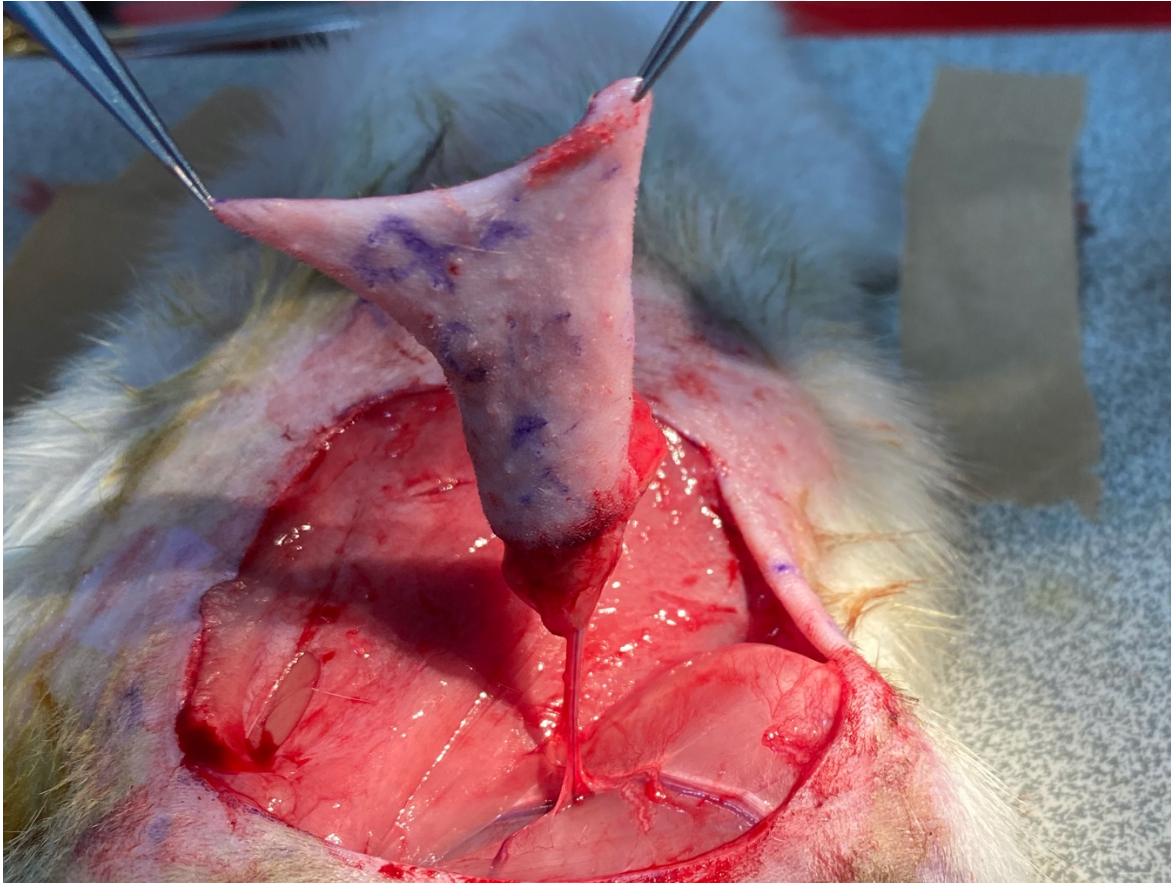


Şekil 6. Sıçan femoral damarlar ve dalları. 1, Femoral arter ve ven. 2, Lateral circumfleks femoral arter ve ven. 3, Superficial inferior epigastric arter ve ven. 4, Safen arter ve ven. (Popliteal arter diseke edilmemiş) 5, Femoral sinir.

## 2.6 Sıçan Kasık Flebi Replantasyon Modeli

Kasık flebi (Groin flap) sıçanlarda tanımlanan ilk serbest fleptir. (63) Femoral bölgenin bilinen ve göreceli olarak sabit anatomisi, kabul edilebilir bir donör alan morbiditesi sunması, geniş damar çapı ve deney hayvanı kaybının az olması gibi pek çok avantajı bu flebin deneysel çalışmalarda öncelikle tercih edilmesine sebep olmuştur.

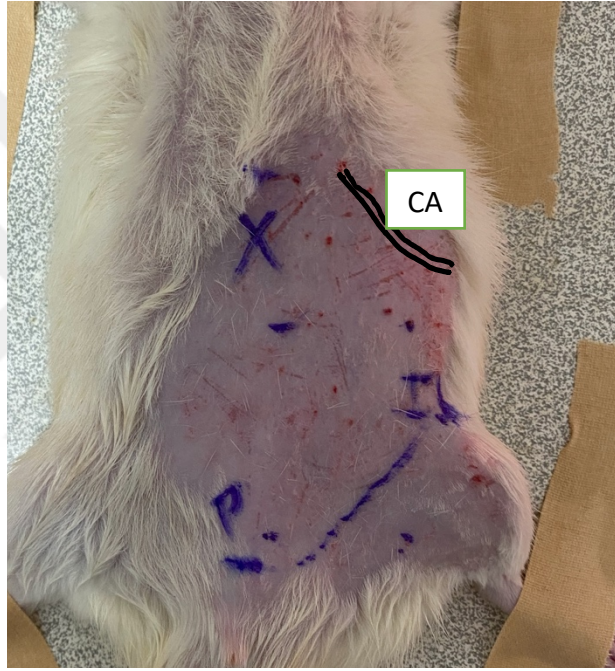
Kasık flebinin ana pedikülü, femoral arterin bir dalı olan SİEA'dır. Pek çok modifikasyonu yapılmış olan flep SİEA üzerinden, femoral damarlar üzerinden ya da flow-through flep olarak kaldırılabilir. (62, 64, 65) SİEA ve ven (sırasıyla 0,4 ve 0,5 mm çapında), vastus medialis ve addüktör magnus kasları arasındaki sulkustan geçerken femoral damarların cilde yakın tarafından bir dal olarak ayrılırlar. Ardından ayrılmış olan damarlar, kasık derisini, uyluğun medial ve ekstansör yüzeylerini ve ayrıca karın derisini beslemek için medial ve superior yöne kıvrılırlar. (Şekil 7) Pedikül bir süre ciltte seyrettikten sonra, genellikle medial ve lateral olmak üzere iki dala ayrılır. (62)



Şekil 7. Pedikülü üzerinde izole edilmiş sıçan kasık flebi, pedikülün femoral arterden dallanma bölgesi görünümünde

## Cerrahi İşlem

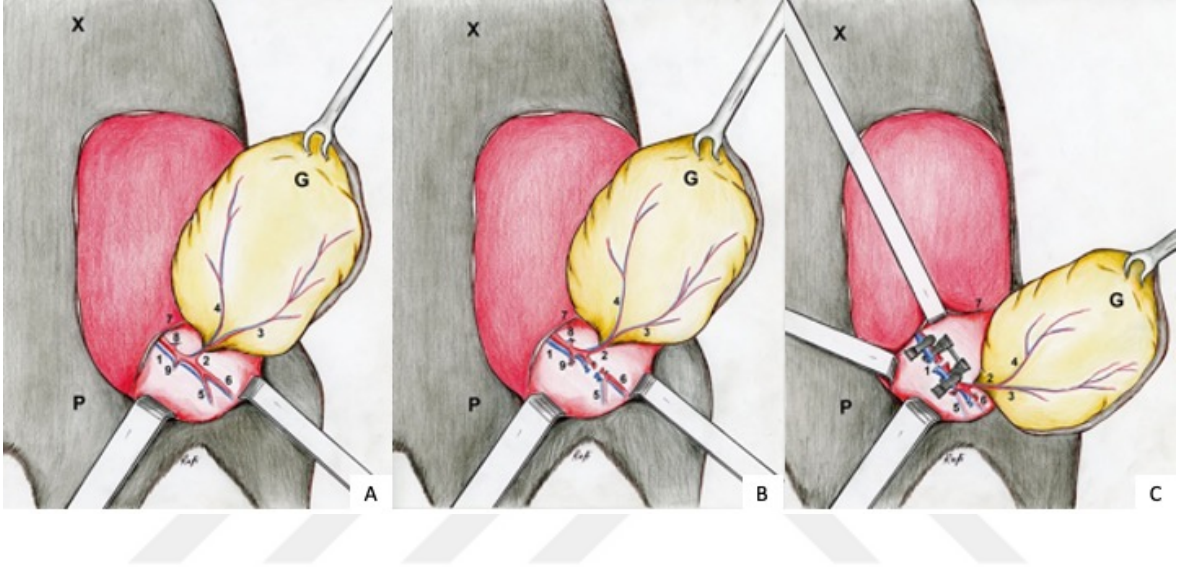
Cerrahinin anestezi altında, kasık bölgesi tıraşlanarak ve sıçanın 4 ekstremitesi tespit edilmişken yapılması uygundur. Daha sonra medial sınır için, ksifoid prosess ve pubik kemik, inferolateralde inguinal ligament ve süperolateralde kostal ark işaretlenir. Klasik bilgi olarak, bu sınırlar içinde tasarlanmış ve bir flep yüzeysel epigastrik damarları güvenilir bir şekilde içerecektir. (Şekil 8) Flebin boyutları medial-lateral yönde 4,5 cm, sefalik-kaudal yönde ise 9 cm'ye kadar uzatılabilir. Deneysel çalışmalarda standardizasyon için önceden belirlenen bir kalıba uyularak flep boyutlarının belirlenmesi uygun olacaktır. (66)



Şekil 8. Kasık flebi sınırlarını belirleyen anatomik noktalar. X: ksifoid process, P: pubik kemik, IL: inguinal ligament, CA: kostal ark

Flep tasarlanmasını takiben, cerrahiye başlamadan önce, cerrahi alan dezenfekte edilir. İlk önce medial insizyonun yapılması ve ardından derinin kaldırılarak lateral yönde eleve edilmesi daha güvenli olacaktır, bu yaklaşım sayesinde pedikül görülerek diseke edilmiş olur. Medial ve inferior yönde kasık yağ yastıkçığının flebe dahil edilmesi gerekmektedir. Ardından flebin üst ve lateral sınırlarından da insizyon düşülerek flep serbestlenmiş olunur. Son olarak, inferior insizyon düşülmeden önce flebin pedikülü olan SİEA tespit edilerek diseke edilir ve yaralanması önlenir.

İnsizyonların tamamlanması sonrasında pedikül diseksiyonuna geçilir. Femoral arterin ve venin dalları olan pediküller etraf dokudan serbestlenir. Flep direkt olarak SİEA üzerinden kaldırılabileceği gibi, femoral arterlerin üzerinden de kaldırılabilir. Femoral arterin ve venin distal uçları bağlandıktan sonra kasık bölgesinde ana arter ve venin diğer dalları da diseke edilerek ligasyon yapılır. Ardından femoral pediküllerin proksimal ucunun da bağlanmasıyla femoral pediküllere baze kasık flebi elde edilmiş olur. (66) (Şekil 9)



Şekil 9. Sıçan kasık flebi pedikül diseksiyonu, şematik gösterim. A- İntakt anatomi B- Femoral damarların distal ucunun ligasyonu C- Femoral damarların tüm dalları ligate edilmiş ve ardından proksimal ucu bağlanarak flep elde edilmiş. 1, femoral damarlar. 2 SİEA, V. 3, SİEA'nin medial dalı. 4, SİEA'nin lateral dalı. 5, popliteal damarlar. 6, safen damarlar. 7, inguinal ligament. 8, SCİA. 9 gracilis kasına giden musküler dallar. P, pubis. X, ksiphoid. G, Kasık flebi. (Siemionow MZ. Plastic and reconstructive surgery: Experimental models and research designs. London: Springer-Verlag; 2015)

Elde edilen flep serbest flep olarak başka bir damara anastomoz edilebileceği gibi, ortotopik bölgesine iade edilerek replantasyon modeli olarak da kullanılabilir. (67) Damarların anastomozu için 10-0 sütürler kullanılması uygun olacaktır. Replantasyon sonrası flep 5-0 monoflaman deri sütürleriyle yerine sabitlenir.

Fleplerin zarar görmesinin önüne geçilmesi için hayvanların tek tek kafeslenmesi ve otokannibalizasyonun önlenmesi için sıçanlara boyunluk giydirilmesi gerekmektedir. (68)

## **Flep Canlılığının Değerlendirilmesi**

Cerrahi işlem sonrası birinci hafta sonunda klinik gözlemle flep canlılığı ve yaşama oranı değerlendirilebilir. Ayrıca cerrahi sonrasında Indosiyanin yeşili (ICG) ile perfüzyon değerlendirilmsi yapan infrared sistemler kullanılarak flep perfüzyon oranı hesaplanabilir. (69)

Son yayınlara göre bu sistemlerle yapılan ön değerlendirme ile birinci hafta sonunda elde edilen flep canlılık oranı arasında korelasyon söz konusudur. Değerlendirme için sıçanlara 0,3mg/kg dozunda ICG intravenöz enjekte edilerek hemen ardından infrared sistemlerle görüntü elde edilir. (69)

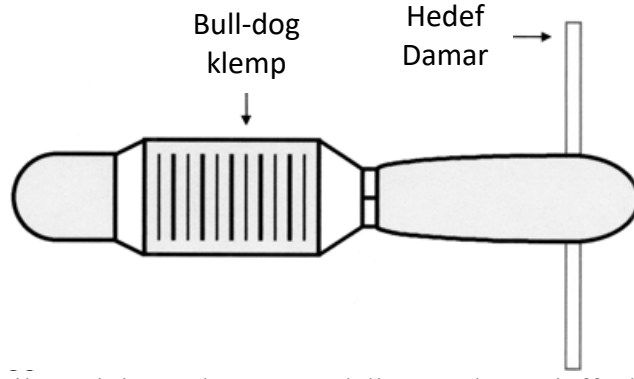
## **2.7 Sıçan Ezilme Tipi Yaralanma Modeli**

Ezilme tipi yaralanmalar mikrocerrahi pratiğinin başladığı dönemlerden günümüze kadar damar bütünlüğü açısından büyük bir problem teşkil etmiştir. Bu konuda deneysel çalışmalar yapabilmek için pek çok ezilme tipi yaralanma modeli ortaya konulmuştur. (70, 71, 72)

Bir deneysel ezilme tipi yaralanma modelinden beklenen gerçek travmayı taklit ederek endovasküler hasar meydana getirmesi ve bunun sonucu olarak da tromboz ve oklüzyona meyilli bir damar yaralanması oluşturmastır. (73)

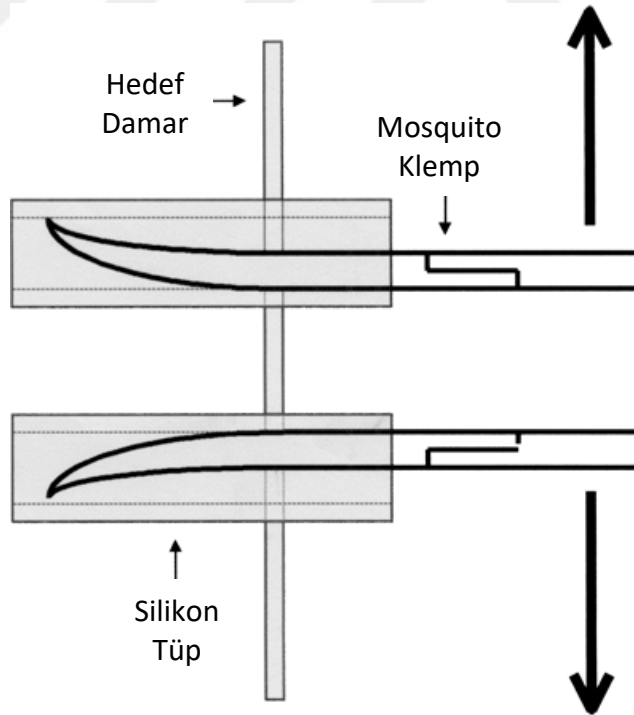
Ezilme tipi yaralanmalar sonrasında tromboz genellikle ilk 20 dakikada meydana gelmekte, ardından ilk 48 saat boyunca da trombüs riskli süreç devam etmektedir. Bu çalışmada, klinikte karşılaşılan ezilme yaralanmalarına benzer paternde tromboz eğilimi göstermesi ve endovasküler hasar oluşumu histolojik kanıtlarla gösterilmiş olması sebebiyle ezilme tipi yaralanma modeli olarak Lykoudis ve arkadaşlarının tanımladığı yaralanma modeli kullanıldı. (70)

Söz konusu modelde, ezilme ve avülsiyon içeren damar yaralanması elde edilmesi amaçlanmaktadır. İlk olarak, çalışılacak olan vasküler yapılar ekspozite edilmekte, ardından ezilme tipi yaralanma meydana getirmek için, standartları belirlenmiş Dieffenbach bull-dog damar klemp (uzunluk 48mm, maksimum basın 30 N) yaralanma oluşturulacak alana uygulanarak 30 dakika beklenmektedir. (Şekil 10)



Şekil 10. Ezilme tipi yaralanma modeli. Standart Dieffenbach bull-dog klempe damara uygulanarak 30 dakika beklenir.

30 dakika bekleme sonrası modelin ikinci aşaması olan avülsiyon tipi yaralanma oluşturulması aşamasına geçilir. Bu amaçla daha önceden ağızlarına silikon tüp geçirilmiş olan 2 adet standart Halsted mosquito hemostat klempe (BH 110, uzunluk 125 mm) yaralanma alanının 0,2 mm distal ve proksimaline 1. diş seviyesinde sıkılarak uygulanır. Ardından damarı avülse edecek şekilde hemostatlar distal ve proksimal yönlerde çekilir. (Şekil 11)



Şekil 11. Avülsiyon tipi yaralanma modeli. Uçları silikon tüp ile örtülmüş olan 2 adet standart mosquito hemostat klempe damara yaralanma zonunun 2 mm proksimal ve distaline uygulanarak her iki yönde çekilir.

### 3. GEREÇLER ve YÖNTEM

Bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi KONÜDAM Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi Hayvan Deneyleri Yerel Kurulu'ndan etik kurul onayı alındıktan sonra (Karar sayısı: 2021 - 046), Necmettin Erbakan Üniversitesi KONÜDAM Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden temin edilen erkek Wistar Albino sıçanlar ile gerçekleştirildi. Çalışmada 250-300 gr ağırlığında, toplam 40 adet belirtilen cinsten ve türde sıçan kullanıldı. Sıçanların tüm bakım ve takipleri yine KONÜDAM Deneysel Tıp Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından gerçekleştirildi.

Bu hayvanların hepsi aynı laboratuvarında standart şartlar altında bakımları, beslenmeleri düzenli olarak yapıldı. Deneyler için serbest doku aktarımı modeli uygulanacak olması sebebiyle, deney hayvanlarının cerrahi sahaya zarar vermesinin önlenmesi amacıyla hayvanlar kafeslerde tek tek olacak şekilde takip edildi.

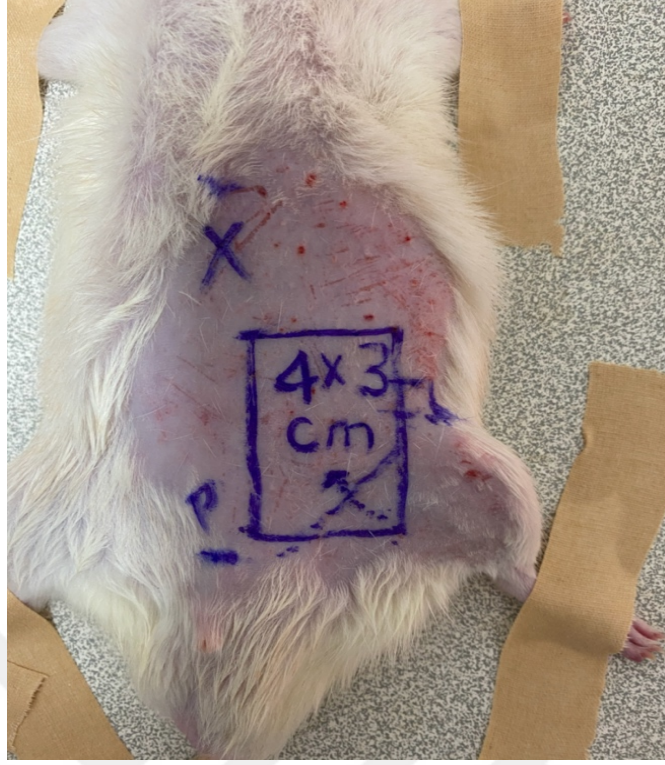
#### 3.1 Anestezi

Tüm cerrahi prosedürler, görüntüleme ve deney sonunda sakrifikasyon işlemi için ötenazi anestezi altında gerçekleştirildi. Xylazine (10mg/kg- Rompun®, Bayer, Türkiye) ve Ketamin (90 mg/kg - Ketalar®, Eczacıbaşı, Türkiye) karışımı birlikte uygulandı. Cerrahi sonrasında analjezi amacıyla 100 mg/kg Parasetamol içme sularına karıştırıldı.

#### 3.2 Cerrahi İşlem

Çalışmada replantasyon modeli olarak sıçanların sol kasık flebi kullanıldı. Uygun anestezi sağlandıktan sonra, her iki taraf alt abdomen ve kasık bölgesi tıraş edildi. Ardından sıçanlar deney tahtası üzerine supin pozisyonda yatırılarak dört ekstremiten ve kuyrukları cerrahi bantlarla tespit edildi. Cerrahi işlem öncesi operasyon sahası Baticonol® (Alg, İstanbul) ile dezenfekte edildi.

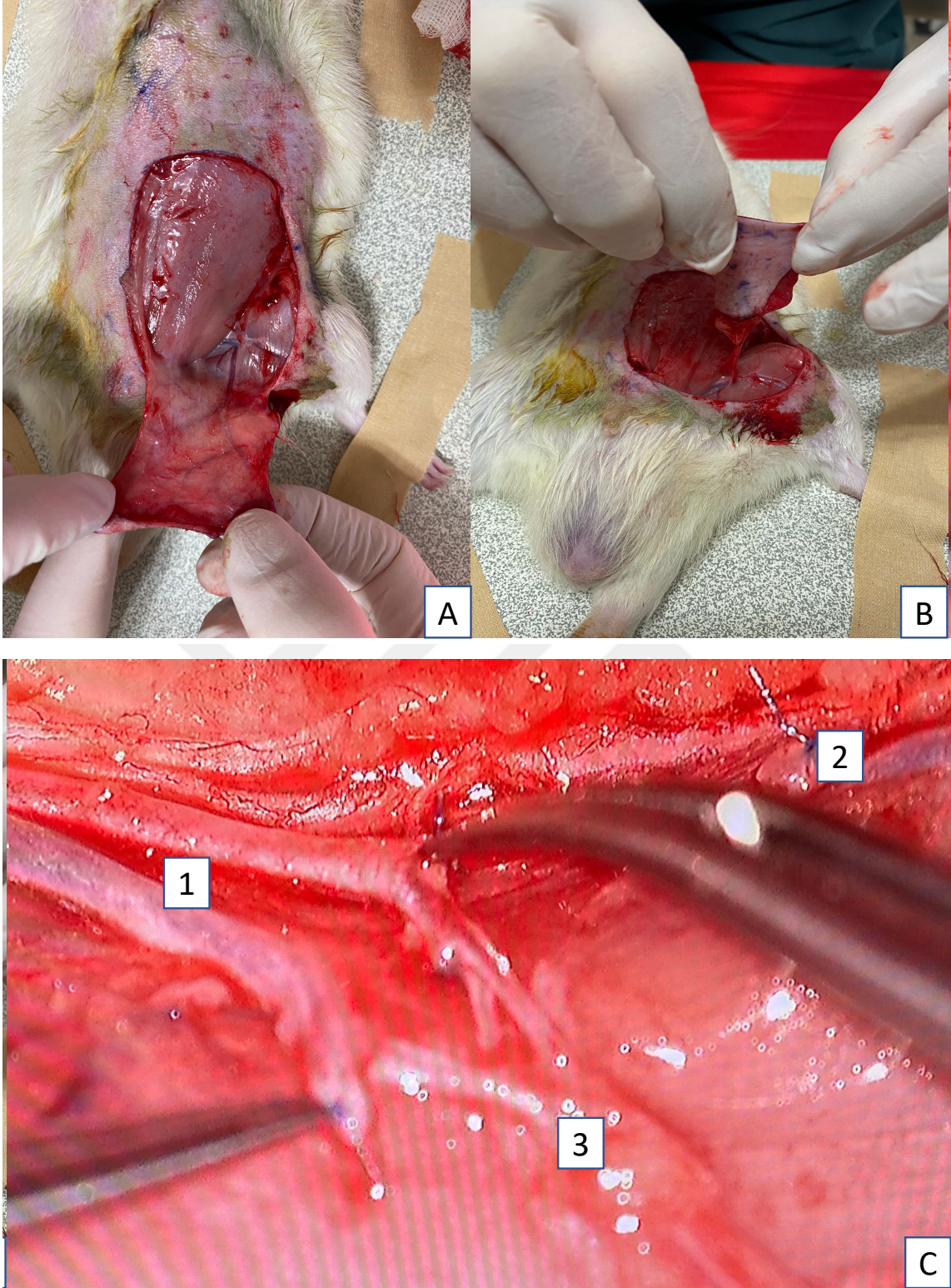
Tüm hayvanlarda sol kasık flebi, standardizasyon sağlanması amacı ile daha önceden belirlenmiş olan 4x3 cm<sup>2</sup> alanı içerecek şekilde işaretlendi. Flep işaretlemesi ve sınırları belirlenirken, daha önce bahsedildiği gibi orta hattı geçmemeye ve Xiphoid process, inguinal ligaman, pubic kemik ve costalar arasında kalan dikdörtgen alanın içerisinde kalmaya dikkat edildi. (Şekil 12)



Şekil 12. Sıçan üzerinde sınırları belirlenmiş olan sol kasık flebinin operasyon öncesi tasarımı.

Ardından bistüri ile, pre-op çizime göre, süperior, medial ve lateral insizyonlar düşüldü ve süpero-medial köşeden başlanarak ciltaltı fasya dahil edilerek flep elevasyonu işlemine başlandı. Flebin pedikülünün inferior cilt ile olan yakınlığı sebebiyle pedikül tamamen edkpoze edilene kadar alt insizyon düşülmedi.

Mayo makası ile flep belirtildiği gibi eleve edildi ve besleyici damarların flebe dahil olduğu görüldü. (Şekil 13-A) Ardından pedikül güvenliğine dikkat edilerek inferior cilt insizyonu ve cilt altı dokuların serbestleştirilmesi gerçekleştirilerek cilt SCIA ve vene baze olarak ada flebi şeklinde izole edildi. (Şekil 13-B) Bu basamağı takiben sirkümfleks damarların ana kaynağı olan femoral damarlara doğru diseksiyona devam edildi. Femoral arterin SCIA ve ven haricindeki yan dalları ve femoral damarların distal kısmı cerrahi ligasyon ile kesildi ve bu sayede femoral damarlara baze kasık ada flebi elde edilmiş oldu. (Şekil 13-C). İşlemler sırasında mikroskobik damar ligasyonları için 8/0 nylon sütürler (Etilon, Monofilament polyamide 6 suture W2850, Ethicon Ltd, U.K) kullanıldı.



Şekil 13. Sıçanlarda sol kasık flebinin femoral damarlar üzerinde ada şeklinde izole edilmesi. A- Süperfisiyal sirkümfleks iliak damarların kasık flebi içerisine dahil edildiği görülmekte. B- Flebin SCIA üzerinde izole edilmiş görünümü. C- Mikroskopik görünüm, femoral damarların diseksiyonu sonrası SCIA harici dalları ve distal ucu bağlanarak kesilmiş

ve böylece kasık flebi femoral arterler üzerinde izole edilmiş (1- Femoral damarlar proksimal ucu, 2- Bağlanmış olan femoral arterler distal ucu, 3- Süperfisiyal sirkümfleks iliak damarlar)

Replantasyon modelinin hazırlanmasının ardından, sıçanlar ait oldukları gruplara göre daha önce belirlenmiş amputasyon modellerine ve replantasyon modellerine uygun cerrahi işlemlere tabi tutuldu.

### **3.2.1 Amputasyon Modelleri**

Hazırlanan replantasyon modeli, gruplarına göre giyotin tipi ya da ezilme tipi olmak üzere iki farklı tipte amputasyon uygulamasına maruz bırakıldı.

#### **Giyotin Amputasyon:**

Giyotin tipi amputasyon uygulanacak olan sıçanlarda, kasık flebinin femoral arter ve vene baze şekilde hazırlanmasını takiben arter ve ven mikro makas yardımıyla etraf dokuya zarar vermeden, düzgün ve tek bir kesi ile ayrılmış ve amputasyon işlemi tamamlandı. (Şekil 14)

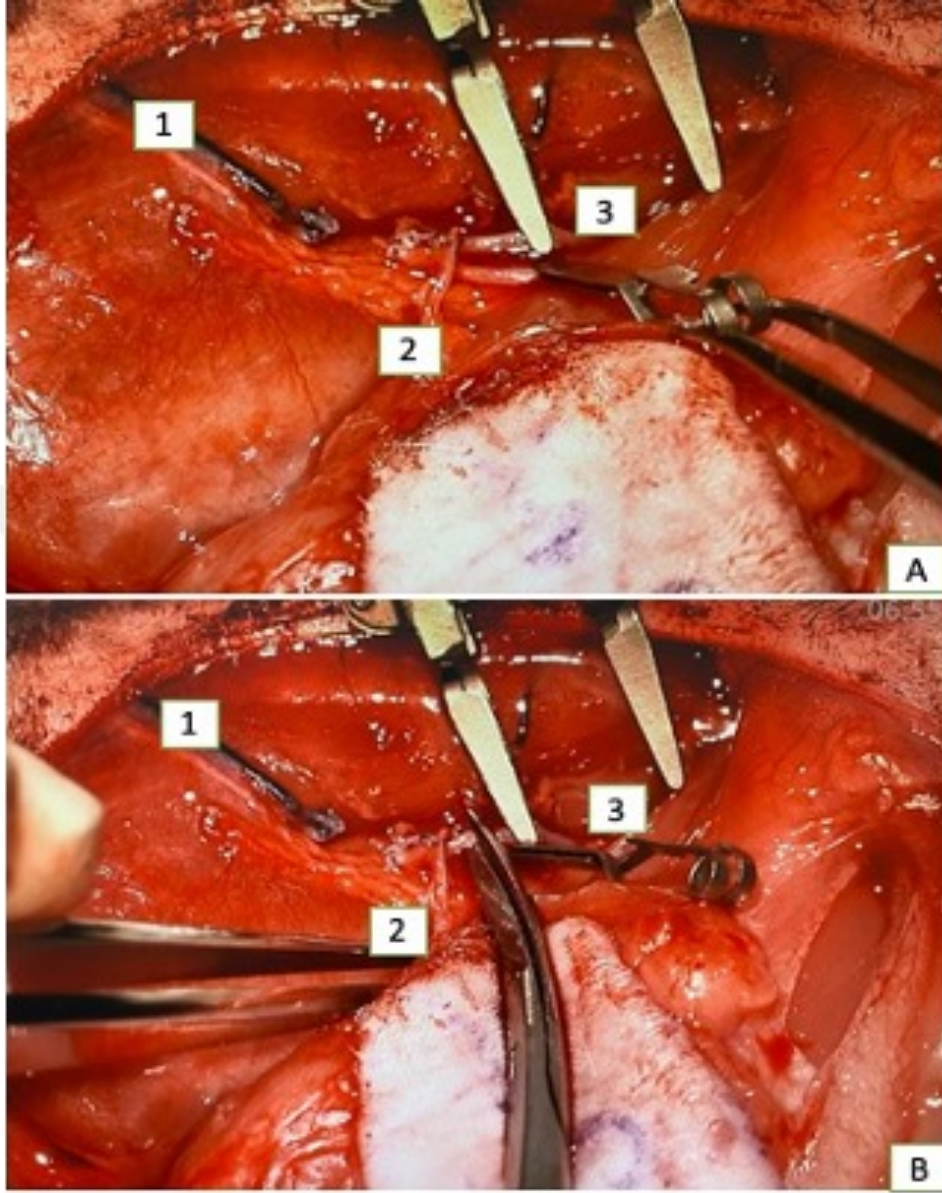
#### **Ezilme Tipi Amputasyon**

Ezilme tipi amputasyon uygulanacak olan sıçanlarda, kasık flebinin femoral arter ve vene baze bir şekilde hazırlanmasını takiben, Lykoudis ve arkadaşlarının tanımladığı ezilme tipi amputasyon modeline göre hareket edildi. (70)

Bu modele göre önce proksimal uçtan 2 cm uzunluğunda femoral arter ve ven bölgesi eksplore edilerek ezilme tipi hasar oluşturmak amacıyla, standart Dieffenbach bull-dog damar klemp (uzunluk 48mm, maksimum basın 30 N) damarlara uygulanarak 30 dk beklenildi.

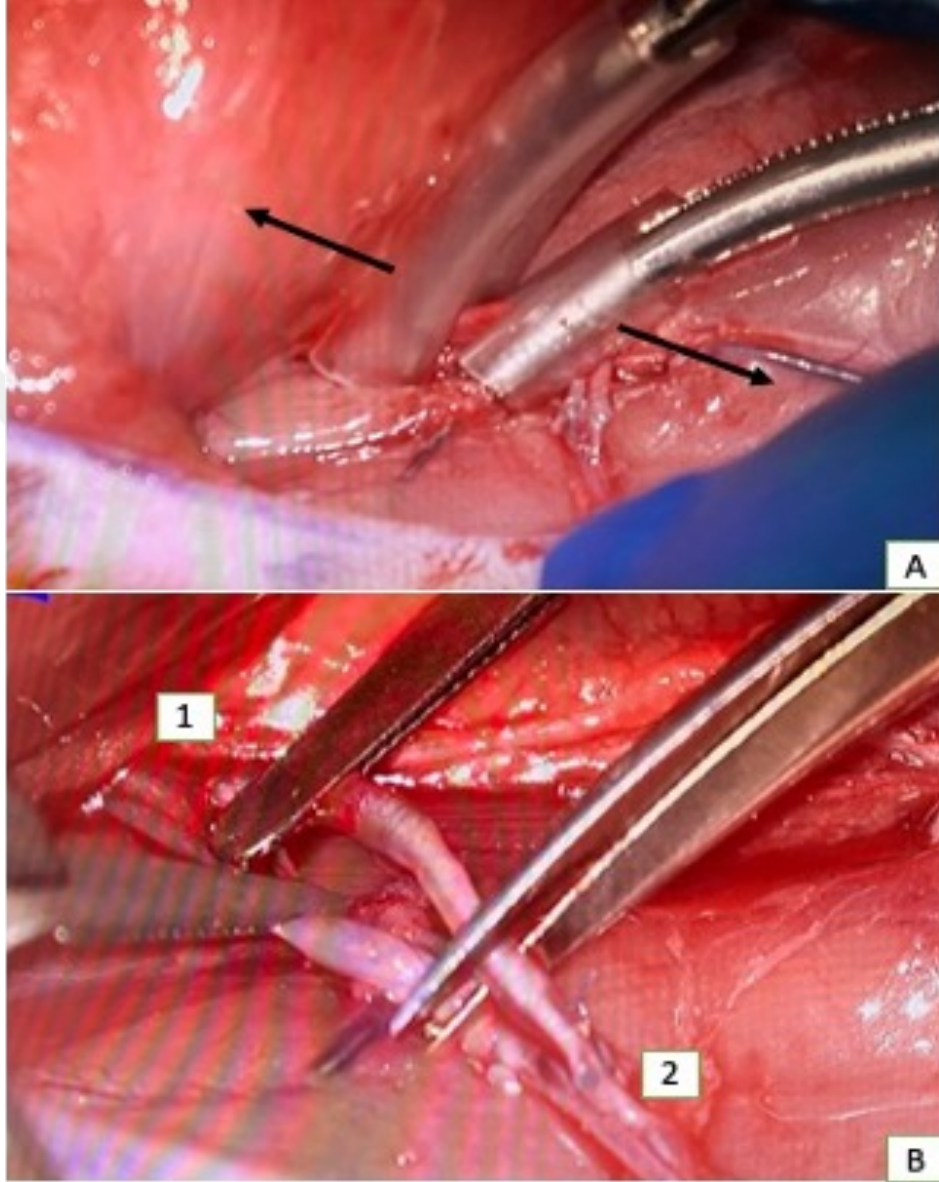
Beklemeyi takiben, modelin ikinci aşaması olan avülsiyon tipi yaralanma oluşturulması aşamasına geçildi. Bu amaçla daha önceden ağızlarına silikon tüp geçirilmiş olan 2 adet standart Halsted mosquito hemostat klemp (BH 110, uzunluk 125 mm) yaralanma alanının 0,2 mm distal ve proksimaline 1'inci diş seviyesinde sıkılarak uygulandı

ve damarı avulse edecek şekilde hemostatlar distal ve proksimal yönlerde çekildi. (Şekil 15-A)



Şekil 14. Giyotin tipi amputasyon, mikroskobik görünüm (1- Femoral damarların distal ucu, ligate edilmiş. 2- Süperfisiyal sirkümfleks iliak damarlar. 3- Femoral damarların proksimal ucu, ligate edilmiş) A- Vasküler yapıların tamamen izole edilmesi ve kesilmesi planlanan femoral damarlara mikrovasküler damar klempleri yerleştirilmesi görülmekte. B- Femoral damarların mikromakas ile ayrılması ve amputasyonun tamamlanması görülmekte.

Avülsiyon işleminin de tamamlanmasını takiben yaklaşık 1 cm uzunluğundaki ezilme tipi yaralanmış olan kısım flep kısmında kalacak şekilde mikromakas ile amputasyon işlemi tamamlandı. (Şekil 15-B)



Şekil 15. Ezilme tipi amputasyon uygulaması. A- Ağızlarına silikon tüp yerleştirilmiş olan her iki mosquito klempim proksimal ve distal yönlerde çekilmesi ile avülsiyon yaralanma elde edilmesi. B- Ezilme tipi yaralanma oluşturulmasını takiben 1 cmlik ezilmiş damar segmentini flepte bırakacak şekilde makas ile amputasyonun tamamlanması. (1- Femoral damarların proksimal ucu. 2- Ezilmiş olan damar segmenti, içerisinde avülsiyona bağlı trombüs görülmekte.)

### **3.2.2 Replantasyon Modelleri**

Hazırlanan amputatlar, gruplarına göre primer ortotopik replantasyon, ven grefti kullanılarak yapılan ortotopik replantasyon ve ektopik replantasyon olmak üzere üç farklı şekilde replante edildiler. Yapılan replantasyon işlemlerinden sonra tüm gruplardaki sıçanlara kuyruk venleri kullanılarak tek sefer 100 U/kg dozunda heparin IV yoldan uygulandı. (74)

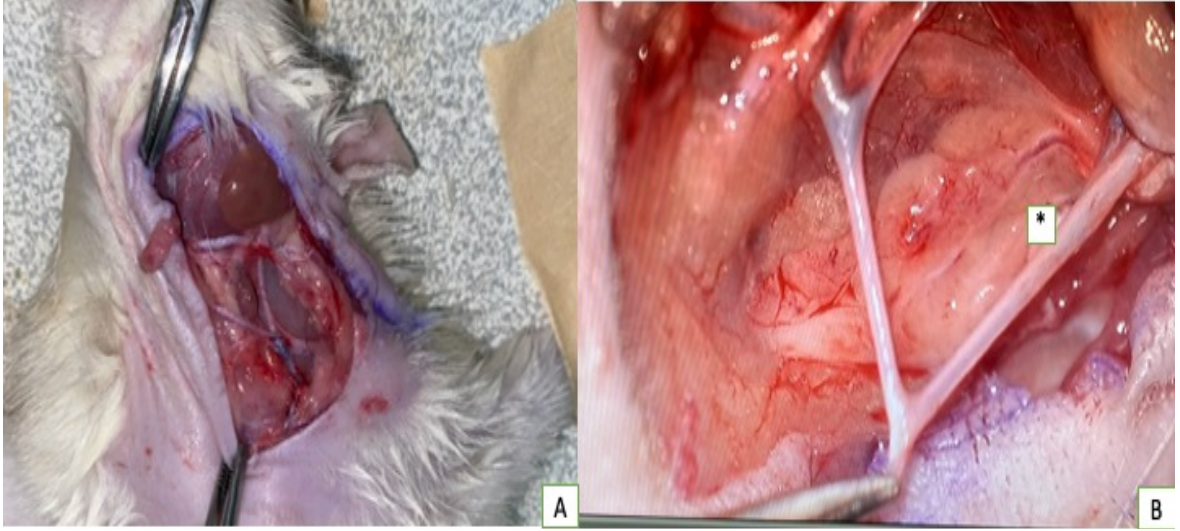
#### **Ortotopik Replantasyon**

Ortotopik replantasyon uygulanacak olan sıçanlarda, amputat modelinin ana damarlardan ayrılmasını takiben giyotin ya da ezilme tipi amputasyon olması fark etmeksizin herhangi bir debridman işlemi uygulanmadan amputat kendi anatomik bölgesindeki kendi alıcı damarlarına iade edildi. Arter ve ven anastomozları için, mikro cerrahi şartlarda 10/0 nylon (Etilon, Monofilament polyamide 6 suture W2850, Ethicon Ltd, U.K) kullanılarak tek tek primer dikiş yöntemi ile anastomozlar yapıldı. Anastomoz işlemlerinin sonucunda her iki damardan kan akımı olduğu görülerek flep dolaşımının sağlandığı teyit edildi. Ardından 4/0 propylene (Doğsan®, Polipropilen sentetik, emilmeyen, monofilaman suture P3165, Türkiye) kullanılarak cilt sütüre edilmiş ve replantasyon işlemi tamamlandı.

#### **Ven Grafti Kullanılarak Yapılan Ortotopik Replantasyon**

Ven grefti ile ortotopik replantasyon uygulanacak olan sıçanlarda, amputat modelinin ana damarlardan ayrılmasını takiben ven grefti elde işlemine geçildi. Ven grefti eldesi için posterior facial ven kullanıldı. (75)

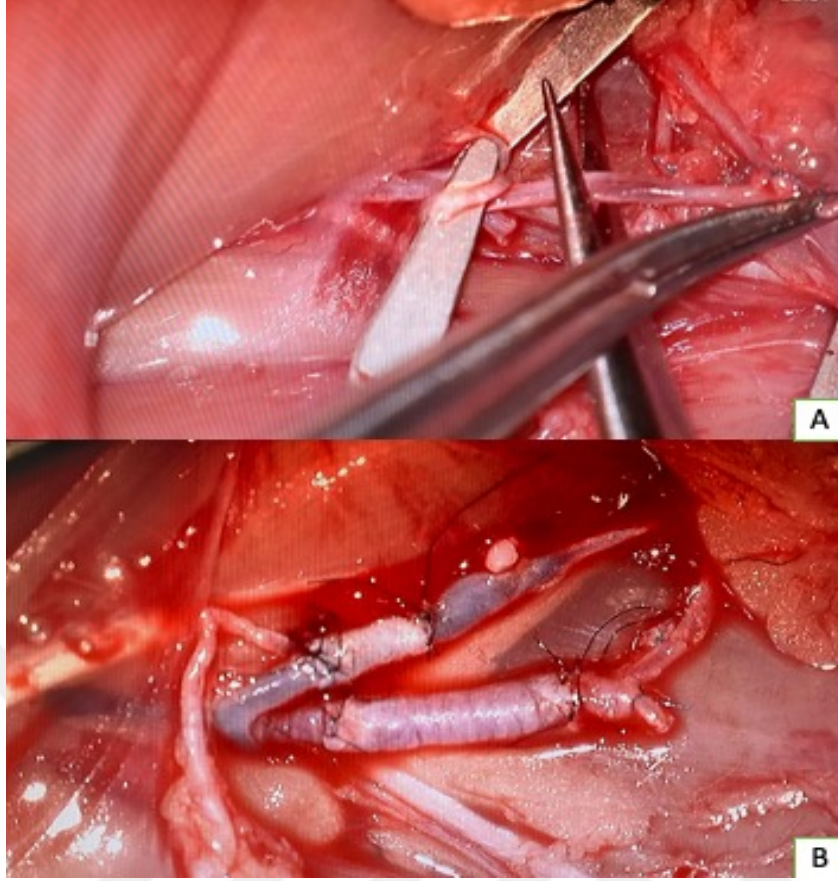
Supin pozisyonda tespit edilmiş olan sıçanlarda, sol juguler ven üzerinden uygun insizyonla düşülerek öncelikle juguler ven tespit edildi; juguler ven süperior yönde takip edilerek onun ilk dalı olan posterior facial ven'e ulaşıldı. (76) Distal ve proksimal damar uçları 8/0 nylon suture (Etilon, Monofilament polyamide 6 suture W2850, Ethicon Ltd, U.K) ile bağlanarak aradaki damar segmentinin alınmasıyla, her bir hayvandan en az 2 cm uzunluğunda ven grefti elde edildi. (Şekil 16) Eğer elde edilen ven grefti uzunluğunun hem arter hem de ven için yeterli olmayacağı düşünüldüyse, aynı işlem sağ tarafa da uygulanarak yeterli uzunlukta ven grefti elde edildi.



Şekil 16. Sıçanlarda posterior fasiyal ven sinir grefti eldesi. A- Doğrudan görünüm. B- Mikroskopik görünüm. (\*) Posterior fasiyal ven

Ven grefti eldesi sonrası, alıcı damar proksimalden akım geldiği görülene kadar debride edildi. Benzer şekilde flep tarafında kalan ezilme tipi yaralanmaya maruz kalmış damar segmenti de mikroskopik olarak sağlam olduğu görülen damar bölümüne ulaşana kadar debride edildi.

Yeterli debridman sağlanmasını takiben eksize edilmiş damarların arter ve ven segmentleri yerlerine ven grefti konularak anastomozlar gerçekleştirildi. Anastomozlar için, mikro cerrahi şartlarda, 10/0 nylon (Etilon, Monofilament polyamide 6 suture W2850, Ethicon Ltd, U.K) kullanılarak tek tek primer dikiş yöntemi ile anastomozlar yapıldı. Anastomoz işlemlerinin sonucunda her iki damardan kan akımı olduğu görülerek flep dolaşımının sağlandığı teyit edildi. Ardından 4/0 propylene (Doğsan®, Polipropilen sentetik, emilmeyen, monofilaman suture P3165, Türkiye) kullanılarak cilt sütüre edilmiş ve ven grefti kullanılarak ortotopik replantasyon işlemi tamamlandı.



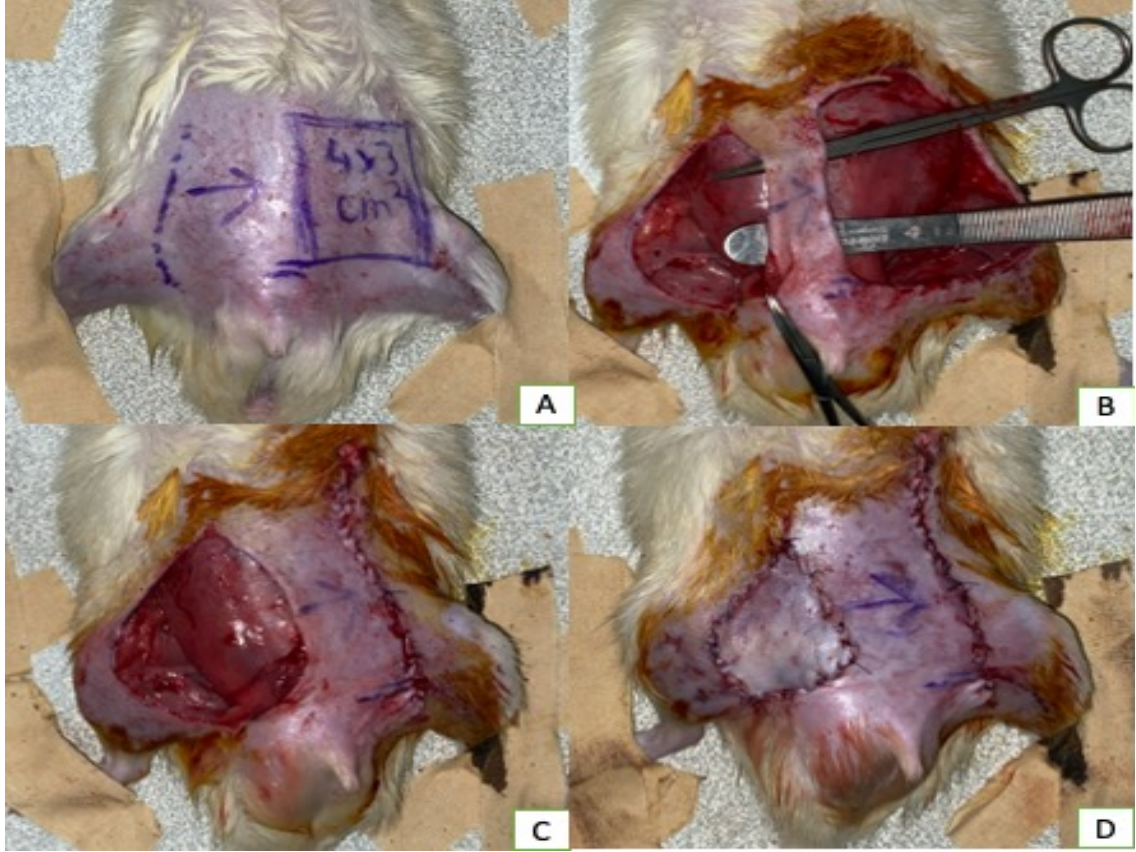
Şekil 17. Ven grefti kullanılarak gerçekleştirilen ortotopik replantasyon işlemi. A- Ezilme tipi hasara uğratılmış olan damarlar debride edilmekte. B- Hem arter hem de ven için ven grefti kullanılarak replantasyon işlemi tamamlanmış.

### **Ektopik Replantasyon**

Ektopik replantasyon uygulanacak olan sıçanlarda, ezilme tipi yaralanma modeli gereği 30 dakikalık bekleme esnasında kontralateral tarafın femoral arter ve veni alıcı damar olarak diseke edilerek replantasyon için hazır hale getirildi. Ezilme ve avülsiyon tip yaralanmaların tatbiki tamamlanıp amputatın ayrılması gerçekleştirildikten sonra, amputatta kalan ezilmiş damar segmentleri debride edilmiş ve mikroskopik olarak hasarsız olduğu görülen damar segmentine ulaşılmasını takiben ektopik replantasyon gerçekleştirildi.

Damar anastomozları için 10/0 nylon (Etilon, Monofilament polyamide 6 suture W2850, Ethicon Ltd, U.K) suture kullanılarak tek tek primer dikiş yöntemi ile işlem tamamlandı. Her iki damardan akım olduğu görüldükten sonra anterior abdomen bölgesindeki cilt adası sol kasık flebi donör alan kapatılması için ilerletme flebi olarak

kullanıldı, amputatın cilt flebi ise sağ kasık bölgesine tespit edildi. (Şekil 18) Cilt dikişleri için 4/0 propylene (Doğsan®, Polipropilen sentetik, emilmeyen, monofilaman suture P3165, Türkiye) kullanılarak işlem tamamlandı.



Şekil 18. Ektopik replantasyon. A- Operasyon öncesi planlama. B- Donör alan katılması için kullanılacak ilerletme flebi serbestlenmiş. C- İlerletme flebi yeni yerine tespit edilmiş. D- Ektopik replante edilmiş olan amputat yeni yerinde.

Cerrahi işlemlerin tamamlanmasını takiben tüm sıçanlar tek tek kafeslenerek takip edildi. Ayrıca cerrahi sonrası 5 gün boyunca insizyon hatlarına günlük Baticonol® (Alg, İstanbul) sürülerek yara yerleri açık pansumanla takip edildi.

### 3.3 Gruplar

Bu çalışma, her grupta 10 (n=10) sıçan olmak üzere 4 grup oluşturularak 40 sıçan üzerinde gerçekleştirildi. Tüm gruplarda, kullanılan dikiş materyalleri ve cerrahi tekniği standart şekilde ve tek cerrah tarafından gerçekleştirildi.

**Grup 1 (Giyotin tip amputasyon, ortotopik replantasyon):** Randomize seçilen 10 sıçan ile bu grup oluşturuldu. Grup 1'deki tüm sıçanlara daha önce tarif edildiği gibi giyotin tipi amputasyon uygulanarak, amputatlar ortotopik şekilde kendi yerlerine iade edildi.

**Grup 2 (Ezilme tip amputasyon, ortotopik replantasyon):** Randomize seçilen 10 sıçan ile bu grup oluşturuldu. Grup 2'deki tüm sıçanlara daha önce tarif edildiği gibi ezilme tipi amputasyon uygulanarak, amputatın damarlarına ve alıcı damarlara herhangi bir debridman uygulanmadan amputatlar ortotopik şekilde kendi yerlerine iade edildi.

**Grup 3 (Ezilme tip amputasyon, ven grefti kullanılarak ortotopik replantasyon):** Randomize seçilen 10 sıçan ile bu grup oluşturuldu. Grup 3'teki tüm sıçanlara daha önce tarif edildiği gibi ezilme tipi amputasyon uygulandı. Ardından hasarlanmış olan damar segmentleri uygun şekilde temiz sınıra ulaşana kadar debride edildi. Oluşmuş olan arter ve ven defektlerinin çözümü için daha önce tarif edildiği gibi alınan ven greftleri kullanıldı. Ven grefti köprüsü ile amputatlar ortotopik şekilde kendi yerlerine iade edildi.

**Grup 4 (Ezilme tip amputasyon, ektopik replantasyon):** Randomize seçilen 10 sıçan ile bu grup oluşturuldu. Grup 4'teki tüm sıçanlara daha önce tarif edildiği gibi ezilme tipi amputasyon uygulandı. Ardından hasarlanmış olan damar segmentleri uygun şekilde temiz sınıra ulaşana kadar debride edildi. Replantasyona hazır hale getirilmiş olan amputatlar daha önce tarif edildiği şekilde kontralateral taraf femoral damarlar kullanılarak ektopik şekilde replante edildi.

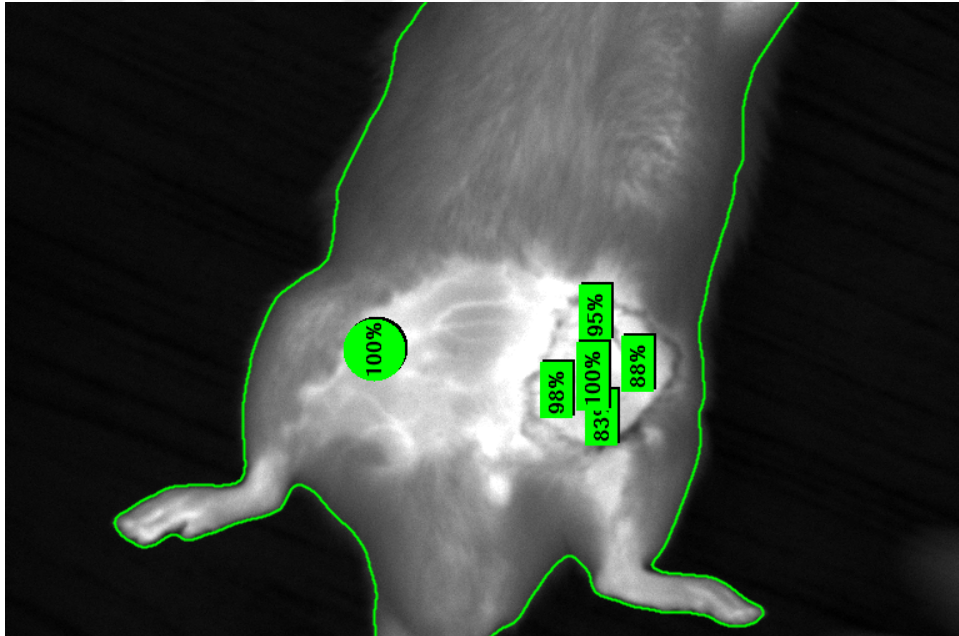
### **3.4 Dolaşım ve Yaşayabilirliğinin Değerlendirilmesi**

Flep yaşayabilirliğinin belirlenmesi için operasyon sonrası 3. günde ICG aracılı infrared görüntüleme sistemi kullanılarak, operasyon sonrası 7. günde çekilmiş fotoğrafların bilgisayar programı aracılığıyla değerlendirilmesi ile canlı flep alanı yüzdesi belirlendi. Ayrıca 7. günde sakrifikasyondan hemen önce anastomoz yapılan damarlar ameliyat mikroskobu altında incelenerek trombüs varlığı değerlendirildi.

### 3.4.1 İnfrared Görüntüleme Sistemi ile Perfüzyonunun Değerlendirilmesi

Tüm gruplardaki sıçanlar, operasyonu takip eden 72'nci saatte genel anestezi altında ICG yardımcı infrared görüntüleme sistemi ile görüntülenerek flep perfüzyonunun intakt dokuya göre oranı belirlendi. Bu işlem için SPY intraoperatif perfüzyon değerlendirme sistemi kullanıldı (LifeCell Corp., Branchburg, NJ, ABD).

Genel anestezi altında, tüm hayvanların subklavyen venleri kataterize edilerek 0,1ml'ye dilüe edilmiş 0,3 mg/kg dozunda ICG IV enjekte edildi. (69) Sonrasında flep alanından SPY cihazı yardımıyla infrared perfüzyon görüntülenmesi alındı. Elde edilen görüntülerden, bir referans noktaya göre flöresans parlaklık farkıyla perfüzyon yüzdesi cihaz tarafından hesaplandı. Karın ön duvarındaki cilt referans noktası olarak kabul edildi. Ardından amputat derisinin, daha önce belirlendiği gibi, 4 köşesinden ve tam ortasından yüzde perfüzyon oranı bilgisi elde edildi. Elde edilen 5 verinin ortalaması alınarak her bir sıçan için 3. gün infrared kamera ile değerlendirmedeki perfüzyon yüzdesi hesaplandı. (Şekil 19) İşlemin ardından sıçanlar rutin bakım ve takipleri devam edecek şekilde tek tek kafeslerine alındı. Elde edilen veriler gruplara göre değerlendirildi.



Şekil 19. ICG yardımcı infrared görüntüleme sistemi ile 3. gün amputat derisi perfüzyon oranının belirlenmesi. Karın ön duvarı referans belirlenerek, flebin 4 köşesinden ve tam orta noktasından alınan perfüzyon yüzdesinin ortalaması alındı.

### 3.4.2 Yaşayan Flep Alanı Oranlarının Belirlenmesi

Cerrahi işlemlerden sonraki 7'nci günde tüm gruptaki sıçanlar genel anestezi altında operasyon tahtasına tespit edildi. Apple Iphone 11 (Apple Corp., California, ABD) ile standart şekilde replante edilmiş cilt adalarının fotoğraf çekimleri gerçekleştirildi. Elde edilen fotoğraflar digimizer görüntü analizi programı (MedCalc Software Ltd, Ostende, Belçika) kullanılarak değerlendirildi ve yaşayan ve nekroza gitmiş olan flep alanları yüzdeleri belirlendi. (Şekil 20) Elde edilen veriler gruplara göre değerlendirildi.



Şekil 20. Digimizer görüntü analizi programı ile yaşayan flep alanı yüzdesinin belirlenmesi

### **3.4.3 Anastomoz Yapılmış Damarlarda Trombüs Varlığının Değerlendirilmesi**

7'nci günde yapılan standart fotoğraf çekimlerinin takibinde genel anestezi altındaki hayvanlar tekrar cerrahiye alınarak anastomoz yapılmış olan damarlar eksplore edildi. Ameliyat mikroskopu altında yapılan muayene ile alıcı arterde trombüs varlığı değerlendirildi. Trombüs durumuna göre tüm sıçanlara trombüs var ya da yok şeklinde değerlendirme yapıldı. İşlem sonucunda tüm hayvanlar servikal dislokasyon yöntemine göre sakrifiye edildi. Elde edilen veriler gruplara göre değerlendirildi.

### **3.4.4 Yaşayan Flep Alanı ile Gözlenen Perfüzyon Miktarının Korelasyonunun Değerlendirilmesi**

Operasyon sonrası dönemde 3'üncü günde yapılan perfüzyon değerlendirmesinde sınır değeri %35 olarak belirlenerek, (77) 7'nci gün sonunda yapılan değerlendirmede yaşayan flep yüzdesi arasındaki korelasyon değerlendirildi.

### **3.4.4 İstatistiksel Analiz**

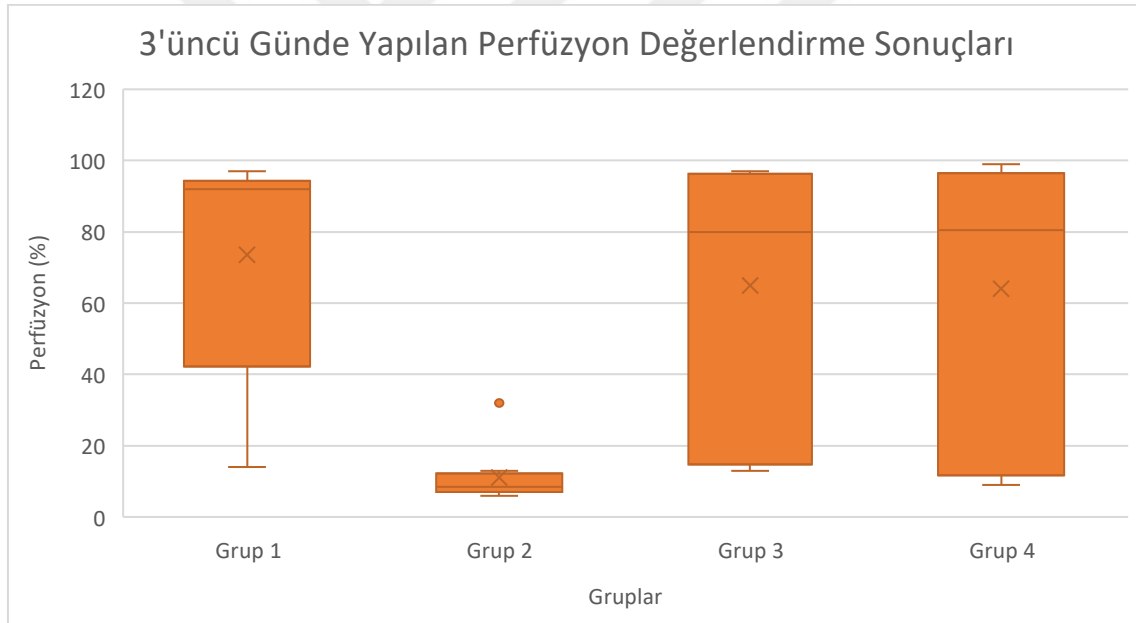
Veriler SPSS 27.0 (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) bilgisayar programını aracılığıyla dokümanite edildi. Normal dağılıma uygunluk analizleri yapıldı. Flep yaşayabilirliği değerlendirmeleri için bağımsız değişkenlerin analizinde Kruskal-Wallis Varyans Analizi kullanıldı. İkili karşılaştırmalar için Bon Verroni düzeltmeli Mann Whitney U testi kullanıldı. Damarlarda trombüs varlığı değerlendirmesi için Ki-kare testi kullanıldı. Tüm analizlerde  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyi olarak kabul edildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1 İnfrared Sistem ile Perfüzyon Değerlendirmesi

Gerçekleştirilen cerrahi işlemler sonrasında 3. günde SPY intraoperatif perfüzyon değerlendirme sistemi (LifeCell Corp., Branchburg, NJ, ABD) kullanılarak yapılan değerlendirmelere göre, flep perfüzyon yüzdeleri Grup 1’de ortalama %73,5 (en az 14 – en fazla 97), Grup 2’de ortalama %11,1 (en az 6 – en fazla 32), Grup 3’te ortalama %65 (en az 13 – en fazla 97), Grup 4’te ortalama %64,1 (en az 9 – en fazla 99) olarak tespit edildi. (Şekil 21)

Elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde, Grup 1 en iyi Grup 2 en kötü sonuçlara sahipken ( $p<0,05$ ), Grup 3 ve 4 arasında istatistiki anlamlı fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).



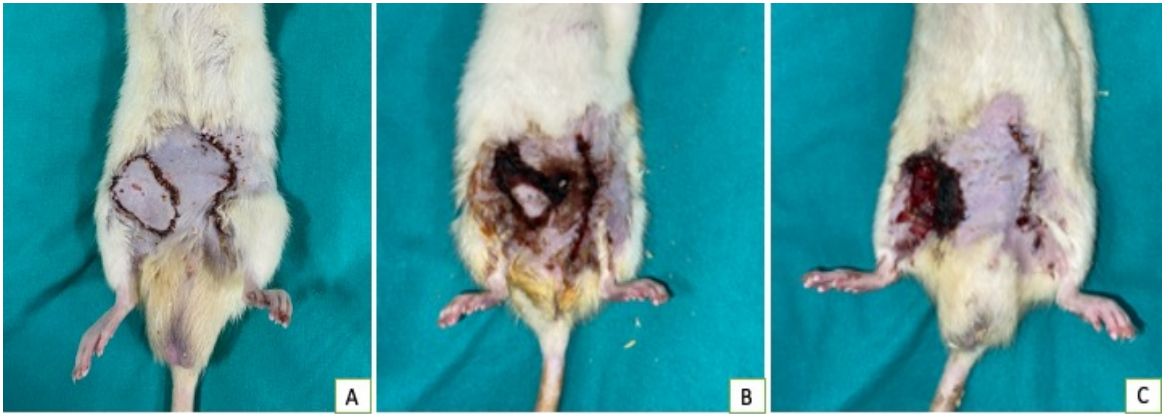
Şekil 21. 3’üncü günde yapılmış olan perfüzyon yüzdesi değerlendirme sonuçları, grafikte gösterim.

### 4.2 Yaşayan Flep Alanı Oranlarının Değerlendirilmesi

Cerrahi işlemler sonrası 7’nci günde çekilen standart fotoğraflar Digimizer görüntü analiz programı ile değerlendirilerek her bir flebin yaşayan ve nekroza giden kısımları yüzdelik

oranları tespit edildi. Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre ortalama yaşayan flep alanları Grup 1’de ortalama %74,6 (en az 0 – en fazla 100), Grup 2’de ortalama %2,5 (en az 0 – en fazla 25), Grup 3’te ortalama %64,5 (en az 0 – en fazla 100), Grup 4’te ortalama %64 (en az 0 – en fazla 100) olarak tespit edildi. (Şekil 22)

Elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde, Grup 1 en iyi Grup 2 en kötü sonuçlara sahipken ( $p<0,05$ ), Grup 3 ve 4 arasında istatistiki anlamlı fark bulunamadı ( $p>0,05$ ).



Şekil 22. Grup 4’ten örnek 3 sıçan, post-op 7. gün görünümü. A- Tam flep viabilitesinin görünümü. B- Kısmi flep viabilitesinin görünümü. C- Tam flep kaybı.

#### 4.3 Damarlarda Trombüs Oluşumunun Değerlendirilmesi

Cerrahi işlemler sonrası 7’nci günde anastomoz sahası tekrar eksplore edilerek arter ve venlerde tromboz oluşumu olup olmadığı değerlendirildi. Yapılan değerlendirmeye göre Grup 1’de 2 hayvanda, Grup 2’de 9 hayvanda, Grup 3 ve 4’te ise 3’er hayvanda damarlarda trombüs saptandı. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiki anlamlı fark olduğu görüldü ( $p<0,05$ ).

#### 4.4 Damarlarda Trombüs Oluşumu ile Perfüzyon Yüzdeleri Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi

Çalışmamıza dahil edilmiş olan tüm sıçanlarda 3’ncü gün sonunda elde edilen perfüzyon yüzdelерinin eşik sınırı %35 olarak kabul edilerek, eşik sınır altı ve üzeri hayvanların 7’nci

günde yaşayan flep alanı yüzdeleri değerlendirildiğinde, eşik değer altındaki tüm sıçanlarda 7. günde tam ve tama yakın nekroz görülürken, eşik değer üzerindeki sıçanlarda tam flep sağkalımı ya da parsiyel nekroz gözlemlendi.

Çalışma dahilinde gerçekleştirilen tüm ölçüm ve değerlendirmeler Tablo 2’de gösterilmektedir.

|                     | Spy İnceleme Perfüzyon Yüzdesi (3. gün) | Flep Yaşayabilirliği Yüzdesi (7. gün) | Damarlarda Trombüs Varlığı (7.gün) |
|---------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Grup 1              | 87                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 1              | 14                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 1              | 49                                      | 63                                    | yok                                |
| Grup 1              | 93                                      | 91                                    | yok                                |
| Grup 1              | 22                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 1              | 97                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 1              | 91                                      | 95                                    | yok                                |
| Grup 1              | 95                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 1              | 94                                      | 97                                    | yok                                |
| Grup 1              | 93                                      | 100                                   | yok                                |
| <b>Ortalama (%)</b> | <b>73,5</b>                             | <b>74,6</b>                           | <b>Toplam: 2</b>                   |
| Grup 2              | 12                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 13                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 7                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 9                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 8                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 6                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 7                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 9                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 2              | 32                                      | 25                                    | y                                  |
| Grup 2              | 8                                       | 0                                     | var                                |
| <b>Ortalama (%)</b> | <b>11,1</b>                             | <b>2,5</b>                            | <b>Toplam: 9</b>                   |
| Grup 3              | 13                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 3              | 92                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 3              | 15                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 3              | 97                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 3              | 14                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 3              | 97                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 3              | 64                                      | 75                                    | yok                                |
| Grup 3              | 68                                      | 70                                    | yok                                |
| Grup 3              | 96                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 3              | 94                                      | 100                                   | yok                                |
| <b>Ortalama (%)</b> | <b>65</b>                               | <b>64,5</b>                           | <b>Toplam: 3</b>                   |
| Grup 4              | 9                                       | 0                                     | var                                |
| Grup 4              | 98                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 4              | 91                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 4              | 12                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 4              | 92                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 4              | 70                                      | 80                                    | yok                                |
| Grup 4              | 11                                      | 0                                     | var                                |
| Grup 4              | 99                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 4              | 96                                      | 100                                   | yok                                |
| Grup 4              | 63                                      | 60                                    | yok                                |
| <b>Ortalama (%)</b> | <b>64,1</b>                             | <b>64</b>                             | <b>Toplam: 3</b>                   |

Tablo 2. Tüm gruplarda sıçanlara yapılan ölçüm ve değerlendirilmeler

## 5. TARTIŞMA

Mikrocerrahi tekniğin gelişmesi ile şiddetli yaralanmalar ve amputasyonlar sonrası hastaların, doktorların ve toplumun beklentileri geçtiğimiz yüzyıla göre daha yüksek bir noktaya ulaşmıştır. Bu durum, cerrahları geçmiş dönemde imkansız olarak değerlendirilen yaralanmaların rekonstrüksiyonunu gerçekleştirmeye zorlamış ve cerrahlar bu konuda kısmen de olsa başarılı olmuşlardır. Mikrocerrahi damar onarımları, başarılı replantasyonlar ve iyi bir rehabilitasyon programı sonrası elde edilen iyi fonksiyonel sonuçlar bu çabaların ve çalışmaların bir ürünüdür.

Giyotin tarzı kesilerde ya da temiz ve az şiddetli yaralanmalarda yüksek başarı oranları elde edilmiş olsa da, ezilme tipi yaralanmalarda henüz bu başarı istenilen noktaya gelememiştir. Buna ek olarak, çoğu zaman ezilme tipi amputasyonlarda replantasyon dahi denenmemekte, onun yerine güdük kapatılması tercih edilmektedir. Örneğin, New York eyaletinde 2008-2012 yılları arasında meydana gelen 3417 parmak amputasyon vakasının 2786 tanesinde proximal ya da distal uçtaki elverişsizlik sebebiyle replantasyon denenmemiştir. (78) Bu oran oldukça yüksek olup, ezilme tipi yaralanmaların yönetimi el cerrahisi ve mikrocerrahi alanda çözüm bekleyen başlıca konulardan birisidir.

Günümüzde ciddi şekilde ezilmiş ve bütünlüğünü tamamen kaybetmiş olan amputatların yönetimi için replantasyon uygulamak henüz mümkün değildir. Ancak amputat kısmen ezilmiş ya da ezilme bölgesi amputattan ziyade güdükte bulunmaktaysa ektopik ya da heterotopik replantasyon seçeneği gündeme gelmektedir. (49)

Heterotopik replantasyon, vücutla bağlantısı tamamen kesilmiş bir uzvun kendi anatomik yeri dışındaki ancak benzer bir anatomik bölgeye taşınmasıyken; ektopik replantasyon amputatın tamamen farklı bir konuma taşınması olarak tanımlanmıştır. (79) Heterotopik replantasyonlar bir bankalama görevinden daha çok, amputatın yeni yerinde fonksiyon görmesini sağlayacak işlemlerdir. Buna bir örnek olarak, çoklu parmak amputasyonlarında en iyi fonksiyonel sonucun beklenildiği amputatın başparmak yerine replante edilmesi gösterilebilir. Bu çalışmada benzer anatomik bölgeye replantasyon uygulamamıza rağmen, bunun ektopik bankalama amacıyla yapılan bir işlem olması sebebiyle, ektopik replantasyon teriminin kullanılması daha uygun görülmüştür.

Çalışmada kullanılan ezilme tipi yaralanma modeli; daha önce pek çok çalışmada kullanılmış olması, klinik pratikte replantasyon denen hastalara benzer şekilde sistemik etkisinin az olup yalnızca ilgili anatomik bölgeyi tahrip ediyor olması ve kolay uygulanabilir

olması sebebiyle tercih edilmiştir. Literatür tarandığında, daha farklı yöntemlerle meydana getirilen ezilme tipi yaralanma modelleri olduğu görülmektedir, ancak bu modellerin bir kısmı sistemik kras (crush) sendromunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. (80) Bu hususun model seçimi konusunda dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi olduğu kanaatindeyiz.

Replantasyon modeli olarak ekstremite yerine bir serbest flep kullanımı ilk bakışta eleştiriye açık olarak düşünülebilir. Bu model için bir serbest flep seçmemizin en önemli sebebi, sıçanlarda ekstremite replantasyonlarında yüksek oranda otofaji görülmesidir. (81) Ayrıca ekstremite amputasyonu sonrası mobilite açısından sorun yaşayan hayvanların beslenme ve diğer hareket gerektiren aktiviteleri sekteye uğramaktadır. Buna ek olarak, yüksek oranda kas içeren ekstremite replantasyon işleminin deney hayvanlarına ekstra bir metabolik yük getirecek olması sebebiyle, işlemin ekstremite kullanarak yapılmasından kaçınılmıştır. Kasık flebi ise kolay uygulanabilir olması ve ek morbiditeye yol açmaması sebebiyle replantasyon modeli olarak kullanmaya uygun olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmamızın metodolojisi gereği fonksiyonel bir değerlendirme yapılmayacak olup, yalnızca nekroz ve sağ kalım açısından amputatların değerlendirilecek olması, ekstremite modeli kullanımını gereksiz kılan bir diğer sebeptir.

Geçici ektopik replantasyon, uygun vakada kullanıldığı takdirde etkili ve başarılı bir yöntemdir. (58) Daha önce yapılmış olan derleme makalelere bakıldığı zaman ektopik replantasyon başarı yüzdesinin %75 ile %100 arasında değişen oranlarda bildirildiği görülmektedir. (10,12) Bizim çalışmamızda ektopik replantasyon yapılmış olan 10 sıçanın, 5 tanesinde tam flep sağ kalımı, 2 tanesinde ise parsiyel flep sağ kalımı gözlenmiştir. Bu çalışmada flep sağ kalımı, geçmiş klinik çalışmalara göre daha düşük bulunmuştur. Bunun sebebi olarak, çalışmanın deneysel bir çalışma olması gösterilebilir. Benzer bir şekilde, sıçanlarda yapılan başka bir çalışmada da kasık flebi sağ kalım oranı %75 olarak gözlenmiştir, oysaki klinik pratikte serbest flep sağ kalımları çok daha yüksek oranlarda görülmektedir. (61) Bu bilgiyle beraber değerlendirildiğinde, çalışmamızda ektopik replantasyon sonrası sağ kalım oranının kabul edilebilir ölçüde olduğu düşünülebilir.

Elde ettiğimiz sonuçlar değerlendirildiğinde, öngörülebileceği gibi hem flep sağ kalımında, hem de damarlarda trombüs oluşumunda en iyi sonuçlar giyotin tipi amputasyon uygulanmış grupta elde edilmişken, en kötü sonuçlar ise ezilme tipi yaralanmaya maruz bırakılıp herhangi bir işlem yapılmadan yerine iade edilen grupta görülmüştür. İlginç olan kısım ise 3. ve 4. gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmamasıdır.

Ven grefti kullanılan grupta alıcı damarlarda ve amputatta tüm ezilmiş damar segmentlerinin debride edilip, damar defektleri için ven grefti kullanılmasıyla ezilme tipi yaralanmanın lokal etkilerinin önüne geçilebilmiş olduğu düşünülebilir. Çalışmamızda 3. grup için hasarlanmış damarlarda debridman yapılırken alıcı arterlerin mikroskopik incelemede damar bütünlüğünü tamamen korunmakta olduğu ve proksimalden gelen akımın akış gücünün ve pulsatilitesinin devamlılığı görülene kadar debridmana devam edilmiştir. Ancak pratikte her zaman amputat güdüğünün travma zonunun dışına çıkılabilecek kadar debridmanı mümkün olmamaktadır.

4. grupta ise amputattaki ezilmiş damar segmentleri tamamen temizlenmiş ve amputat travmatize olmamış bir alıcı alana ektopik olarak replante edilmiştir. Her iki grubun sonuçlarının benzer olması ile şu çıkarımda bulunulabilir; ezilme tipi amputasyonların replantasyonunda, eğer güdük damarlarına yeterli debridman uygulanıp pulsatil atımın görülmesi mümkün ise debridman yapıp defektin ven greftiyle onarımı uygun olabilir. Aksi halde, zaman kaybı olmadan amputatın geçici ektopik replantasyonunun daha uygun bir yaklaşım olduğunu düşünmekteyiz.

Ek olarak, proksimal güdüğün yeterli dolaşımının sağlanamadığı elektrik travmaları, ateşli silaha yaralanmaları gibi amputasyonlarda; alıcı alanının tekrarlayan debridmanlarla takibinin gerekeceği kirli yaralanmalarda; ya da başka bir sebeple ilerleyen dönemde agresif debridman ihtiyacı gerekebilecek yaralanmalarda da ektopik replantasyon ile bankalamanın, ven grefti ya da diğer yönetim seçeneklerine iyi bir alternatif olduğu ileri sürülebilir.

Bir çalışmada, serbest fleplerde ven grefti ile yapılan onarımla primer yapılan onarım arasında sağ kalım açısından fark olmadığı gösterilmiş ve ven greftlerinin güvenilir olduğu ileri sürülmüştür. (82) Bizim çalışmamızda giyotin tipi bir yaralanmada ven grefti uygulaması yapılan bir grup bulunmamasının sebebi, bu bilgi ışığında sonuçların Grup 1'le benzer çıkacağı beklentisidir.

Grup 1 ile Grup 3 ve 4'ün sonuçları kıyaslandığında kontrol grubu olan Grup 1'in diğer gruplardan daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Grup 3'te hasarlanmış olduğu düşünülen tüm damar segmentleri debride edilmiş, Grup 4'te ise amputatta bulunan tüm ezilmiş bölüm debride edilmiş ve amputat dolaşımıyla ilgili bir şüphe bulunmayan yeni bir alıcı alana taşınmıştır. Bunlara rağmen Grup 1'deki kadar başarılı sonuç elde edilememesinin sebebi olarak, ezilme tipi yaralanmanın sadece ezilmiş olan damar segmentini değil, moleküler düzeyde çok daha uzun bir alanı etkiliyor olduğu sonucuna

varılabilir. Literatür incelendiğinde, ameliyat mikroskobuyla yapılan inceleme ve patolojik olarak yapılan incelemeler arasında ezilmiş segmentin boyutları açısından büyük farklılıklar olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. (46) Bizim çalışmamız da bu anlamda mevcut çalışmaları destekler niteliktedir.

Çalışmamızda, üçüncü gün yapılmış olan infrared sistem ile perfüzyon değerlendirmesi sonucunda eşik değer olan %35'in altında perfüzyon gözlenen sıçanlarda, yedinci gün sonunda total ya da totale yakın nekroz gözlenmiştir. Aynı şekilde perfüzyon değeri %35'in üzerinde olan sıçanlarda ise nekroz gözlenmemiştir. Bu durumdan iki farklı çıkarımda bulunulabilir. Birincisi replantasyon cerrahisi sonrasında arteriyel ya da venöz problemler sebebiyle flep kaybı erken dönemde meydana gelmektedir. Daha önce yapılmış bir çalışmada, Lykodis ve arkadaşları da benzer sonuçlar göstermişlerdir. (73) İkincisi ise bizim çalışmamızdaki sonuçlar da daha önceki yayınlarda %35 olarak tespit edilmiş olan infrared sistemle değerlendirmede perfüzyon eşik değerini doğrular niteliktedir.

Yedinci gün yapılan değerlendirmede, damarlarda trombüs tespit edilen sıçanlarda beklenildiği üzere tam flep kaybı gözlenmiştir. Ancak parsiyel flep kaybı gözlenen sıçanların hiçbirisinde damarda trombüs gözlenmemiştir. Ayrıca Cooley ve Gravannis'in yapmış oldukları çalışmalarda, farelerde aynı model üzerinde yapılan deneylerde tüm sıçanlarda ya tam flep sağ kalımı ya da tam nekroz gözlenmiş, bu modelde parsiyel nekroz görülmeyeceği ileri sürülmüştür. (67, 83) Bizim çalışmamızda geçmiş literatür bilgisinin tersine bir sonuç elde edilmiştir. Damarlarda trombüs olmadığı halde parsiyel nekroz görülmesine sebep olarak, sıçanların fleplere bölgesel anlamda bası uygulaması ve bunun sonucunda flepte kısmi dolaşım bozukluğu ve nekroz gelişmiş olabileceği düşünülebilir.

Çalışmamızın bir dezavantajı olarak, ektopik replante edilmiş olan amputatların kendi bölgelerine iade edilmemesi ve bu esnada oluşabilecek komplikasyonların gözlenmemesi sayılabilir. Daha önceki vaka takdimlerinde ikinci seansta nekroz bildirilmemiş olmasına rağmen, bu konuda yeterli kontrollü çalışma bulunamamıştır. Benzer şekilde ikinci seans için ne kadar süre beklenilmesi gerektiğini araştıran bir kontrollü çalışmaya da literatür araştırmalarımız sonucunda ulaşamadık. İlerideki çalışmalarda bu iki konu araştırılabilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak, ezilme tipi yaralanma sonrasında ektopik replantasyonun ve ven grefti kullanarak yapılan replantasyonun amputat yaşayabilirliğini ve fonksiyonel sonuçlarını değerlendiren kontrollü klinik çalışmalar

yapılması söz konusu olabilecektir. Çok merkezli yürütölen klinik çalışmalar, meta-analizler ve derlemeler sonucunda ezilme tipi yaralanmalara yaklaşımda altın standart bir yöntem önerilmesi mümkün olacaktır.



## 6. SONUÇ

Sonuç olarak, ezilme tipi yaralanma sonrası meydana gelmiş olan amputasyonlarda, amputatın durumu replantasyona elverişli ise; güdüğün fazla kısaltılmadan tamamen tüm debris ve ezilmiş dokudan arındırılacak şekilde debride edilip güvenilir kan akımının sağlanabilmesinin mümkün olduğu durumlarda debridman ve ven grefti ile onarımı; bu şartların sağlanmasının mümkün olmadığı, tekrarlayan debridman gerektirebilecek, kirli ve kan akımının şüpheli olduğu durumlarda ise geçici ektopik replantasyon uygulanmasını önermekteyiz.



## KAYNAKLAR

- 1- Clasper J, Ramasamy A. Traumatic amputations. *Br J Pain*. 2013;7(2):67-73.
- 2- Pederson WC. Replantation. *Plast Reconstr Surg*. 2001;107(3):823-41.
- 3- An PC, Kuo YR, Lin TS, Yeh MC, Jeng SF. Heterotopic replantation in mutilating hand injury. *Ann Plast Surg*. 2003;50(2):113-9.
- 4- Del Pinal F, Urrutia E, Klich M. Severe Crush Injury to the Forearm and Hand: The Role of Microsurgery. *Clin Plast Surg*. 2017;44(2):233-5.
- 5- Cavadas PC, Landin L, Thione A. Secondary ectopic transfer for replantation salvage after severe wound infection. *Microsurg*. 2011;31(4):288-92.
- 6- Williams ZF, Bools LM, Adams A, Clancy TV, Hope WW. Early versus delayed amputation in the setting of severe lower extremity trauma. *Am Surg*. 2015;81(6):564-8.
- 7- Wei FC, Colony LH. Microsurgical reconstruction of opposable digits in mutilating hand injuries. *Clin Plast Surg*. 1989;16(3):491-504.
- 8- Jones JW, Gruber SA, Barker JH, Breidenbach WC. Successful hand transplantation. One-year follow-up. Louisville Hand Transplant Team. *N Engl J Med*. 2000;343(7):468-73.
- 9- Godina M, Bajec J, Baraga A. Salvage of the mutilated upper extremity with temporary ectopic implantation of the undamaged part. *Plast Reconstr Surg*. 1986;78(3):295-9.
- 10- Tu Y, Lineaweaver WC, Culnan DM, Bitz GH, Jones KJ, Zhang F. Temporary ectopic implantation for salvaging amputated parts: A systematic review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018;84(6):985-93.
- 11- Genthon A, Wilcox SR. Crush syndrome: a case report and review of the literature. *J Emerg Med*. 2014;46(2):313-9.
- 12- Nazerani S, Motamedi MH. Ectopic single-finger transplantation, a novel technique for nonreplantable digits: assessment of 24 cases--presenting the "piggyback" method. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2009;13(2):65-74.
- 13- Mavrogenis AF, Markatos K, Saranteas T, et al. The history of microsurgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019;29(2):247-54.
- 14- Tamai S. History of microsurgery [published correction appears in *Plast Reconstr Surg*. 2009;124(6):e282-e294.

- 15- Neligan PC. Plastic surgery, vol 6. Amsterdam: Elsevier; 2018
- 16- Jacobson J. H, Suarez E. L. Microsurgery in anastomosis of small vessels. Surg Forum. 11: 243, 1960
- 17- Soucacos PN, Urbaniak JR, Bright DS, Adelaar RS. Replantation of severed digits and hands using microsurgical techniques. In: Proceedings of the IX European Federation Congress; 1975 June 29–July 14; Amsterdam, The Netherlands: p 249a.
- 18- Ravindra KV, Wu S, Bozulic L, Xu H, Breidenbach WC, Ildstad ST. Composite tissue transplantation: a rapidly advancing field. Transplant Proc. 2008;40(5):1237-1248.
- 19- Levin LS. From Autotransplantation to Allotransplantation: A Perspective on the Future of Reconstructive Microsurgery. J Reconstr Microsurg. 2018;34(9):681-682.
- 20- Chung KC. Grabb and Smith's Plastic Surgery. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2019.
- 21- Bueno RA Jr, Battiston B, Ciclamini D, Titolo P, Panero B, Tos P. Replantation: current concepts and outcomes. Clin Plast Surg. 2014;41(3):385-95.
- 22- Sebestian SJ, Chung KC. A systematic review of the outcomes of replantation of distal digital amputation. Plast Reconstr Surg. 2011;128(3):723-37.
- 23- Sears ED, Chung KC. Replantation of finger avulsion injuries: a systematic review of survival and functional outcomes. J Hand Surg Am. 2011;36(4):686-94.
- 24- Buntic RF, Brooks D, Buncke GM. Index finger salvage with replantation and revascularization: revisiting conventional wisdom. Microsurgery. 2008;28(8):612-6.
- 25- Adani R, Pataia E, Tarallo L, Mugnai R. Results of replantation of 33 ring avulsion amputations. J Hand Surg Am. 2013;38(5):947-56.
- 26- Jazayeri L, Klausner JQ, Chang J. Distal digital replantation. Plast Reconstr Surg. 2013;132(5):1207-17.
- 27- Wei FC, Chang YL, Chen HC, Chuang CC. Three successful digital replantations in a patient after 84, 86, and 94 hours of cold ischemia time. Plast Reconstr Surg. 1988;82(2):346-50.
- 28- Pederson WC. Replantation. Plast Reconstr Surg. 2001;107(3):823-41.
- 29- Van Beek AL, Kutz JE, Zook EG. Importance of the ribbon sign, indicating unsuitability of the vessel, in replanting a finger. Plast Reconstr Surg. 1978;61(1):32-5.

- 30- Alpert BS, Buncke HJ, Brownstein M. Replacement of damaged arteries and veins with vein grafts when replanting crushed, amputated fingers. *Plast Reconstr Surg*. 1978;61(1):17-22.
- 31- Sud V, Freeland AE. Skeletal fixation in digital replantation. *Microsurgery*. 2002;22(4):165-71.
- 32- Ciclamini D, Tos P, Magistroni E, et al. Functional and subjective results of 20 thumb replantations. *Injury* 2013;44:504–7.
- 33- Unglaub F, Demir E, Von Reim R, et al. Long term functional and subjective results of thumb replantation. *Microsurgery* 2006;26:552–6.
- 34- Chaivanichsiri P, Rattanasrithong P. Type of injury and number of anastomosed vessels: impact on digital replantation. *Microsurgery* 2006;26:151–4.
- 35- Iorio ML. Hand, Wrist, Forearm, and Arm Replantation. *Hand Clin*. 2019;35(2):143-54.
- 36- Hanel DP, Chin SH. Wrist level and proximal-upper extremity replantation. *Hand Clin* 2007;23:13–21.
- 37- Beris AE, Lykissas MG, Korompilias AV, et al. Digit and hand replantation. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1141–7.
- 38- Schecker LR, Becker GW. Distal finger replantation. *J Hand Surg Am* 2011;36:521–8.
- 39- Wilhelmi BJ, Lee WP, Pagenstert GI, et al. Replantation in the mutilated hand. *Hand Clin* 2003;19:89–120.
- 40- Ince B. Temel Mikrocerrahi Uygulamaları. Konya: NEÜ Yayınları; 2019.
- 41- Choueka J, Scott SC. Intrinsic contractures of the thumb. *Hand Clin*. 2012;28(1):67-80.
- 42- Graham TJ. The exploded hand syndrome: logical evaluation and comprehensive treatment of the severely crushed hand. *J Hand Surg Am*. 2006;31(6):1012-23.
- 43- Goodman AD, Got CJ, Weiss AC. Crush Injuries of the Hand. *J Hand Surg Am*. 2017;42(6):456-63.
- 44- Molski M. Replantation of fingers and hands after avulsion and crush injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2007;60(7):748-54.

- 45- Mitchell GM, Frykman GK, Morrison WA, O'Brien BM. The nature and extent of histopathologic injury in human avulsed arteries and veins and in experimentally avulsed monkey arteries. *Plast Reconstr Surg*. 1986;78(6):801-10.
- 46- Ozkan O, Ozgentas HE, Safak T, et al. Unique superiority of microvascular repair technique with its functional and aesthetic outcomes in ring avulsion injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(5):451-9.
- 47- Mitchell GM, Morrison WA, Papadopoulos A, O'Brien BM. A study of the extent and pathology of experimental avulsion injury in rabbit arteries and veins. *Br J Plast Surg*. 1985;38(2):278-87.
- 48- Wang JN, Wang SY, Wang ZJ, Liu D, Zhao GQ, Zhang F. Temporary ectopic implantation for salvage of amputated lower extremities: case reports. *Microsurgery*. 2005;25(5):385-9.
- 49- Chernofsky MA, Sauer PF. Temporary ectopic implantation. *J Hand Surg Am*. 1990;15(6):910-4.
- 50- Sanger JR, Logiudice JA, Rowe D, Cortes W, Matloub HS. Ectopic scalp replantation: a case report. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2010;63(1):e23-e7.
- 51- Matloub HS, Yousif NJ, Sanger JR. Temporary ectopic implantation of an amputated penis. *Plast Reconstr Surg* 1994;93:408-12.
- 52- Ramdas S, Thomas A, Arun Kumar S. Temporary ectopic testicular replantation, refabrication and orthotopic transfer. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2007;60(7):700-3.
- 53- Hallock GG. Transient single-digit ectopic implantation. *J Reconstr Microsurg*. 1992;8(4):309-11.
- 54- Wang JN, Tong ZH, Zhang TH, et al. Salvage of amputated upper extremities with temporary ectopic implantation followed by replantation at a second stage. *J Reconstr Microsurg*. 2006;22(1):15-20.
- 55- Jennings JF, Murphy RX Jr, Chernofsky MA, Chowdary RP. Amputation stump salvage using a "banked" free-tissue transfer. *Ann Plast Surg*. 1991;27(4):361-3.
- 56- Bakhach J, Katrana F, Panconi B, Baudet J, Guimberteau JC. Temporary ectopic digital implantation: a clinical series of eight digits. *J Hand Surg Eur Vol*. 2008;33(6):717-22.

- 57- Li J, Ni GH, Guo Z, et al. Salvage of amputated thumbs by temporary ectopic implantation. *Microsurgery*. 2008;28(7):559-64.
- 58- Higgins JP. Ectopic banking of amputated parts: a clinical review. *J Hand Surg Am*. 2011;36(11):1868-76.
- 59- Graf P, Groner R, Horl W, Schaff J, Biemer E. Temporary ectopic implantation for salvage of amputated digits. *Br J Plast Surg*. 1996;49(3):174-7.
- 60- de Barros RSM, Leal RA, Teixeira RKC, et al. Morphometric analysis of rat femoral vessels under a video magnification system. *J Vasc Bras*. 2017;16(1):73-6.
- 61- Ruby LK, Greene M, Risitano G, Torrejon R, Belsky MR. Experience with epigastric free flap transfer in the rat: technique and results. *Microsurgery*. 1984;5(2):102-4
- 62- Petry JJ, Wortham KA. The anatomy of the epigastric flap in the experimental rat. *Plast Reconstr Surg*. 1984;74(3):410-3.
- 63- Parsa FD, Spira M. Experimental esophageal reconstruction in rats, with a free groin flap. *Plast Reconstr Surg*. 1978;62(2):271-5.
- 64- Ozkan O, Coşkunfirat OK, Ozgentaş HE, Dikici MB. New experimental flap model in the rat: free flow-through epigastric flap. *Microsurgery*. 2004;24(6):454-8.
- 65- Casal D, Pais D, Iria I, et al. A Model of Free Tissue Transfer: The Rat Epigastric Free Flap. *J Vis Exp*. 2017;(119):55281.
- 66- Siemionow MZ. *Plastic and reconstructive surgery: Experimental models and research designs*. London: Springer-Verlag; 2015
- 67- Cooley BC, Groner JP, Hoer SR, Dollinger BM, Hanel DP. Experimental study of the influence of arterial trauma on dependent distal tissue survival. *Microsurgery*. 1991;12(2):86-8.
- 68- Bayramiçli M, Yilmaz B, Numanoglu A. Modified protective rat vest. *Plast Reconstr Surg*. 1998;101(3):859-60.
- 69- Mücke T, Fichter AM, Schmidt LH, Mitchell DA, Wolff KD, Ritschl LM. Indocyanine green videoangiography-assisted prediction of flap necrosis in the rat epigastric flap using the flow® 800 tool. *Microsurgery*. 2017;37(3):235-42.
- 70- Lykoudis EG, Panayotou PN, Stamatopoulos CN, Frangia KB, Papalois AE, Ioannovich JD. Microvascular repair following a modified crush-avulsion injury in a rat model: effect

of recombinant human tissue-type plasminogen activator on the patency rate. *Microsurgery*. 2000;20(2):52-8.

71- Cooley BC, Hansen FC. Microvascular repair following local crush and avulsion vascular injury. *Microsurgery*. 1985;6(1):46-8.

72- Khouri RK, Cooley BC, Kenna DM, Edstrom LE. Thrombosis of microvascular anastomoses in traumatized vessels: fibrin versus platelets. *Plast Reconstr Surg*. 1990;86(1):110-7.

73- Lykoudis EG, Contodimos GB, Tsoutsos DA, et al. Microsurgical repair after crush-avulsion injury of the femoral vein in rats: prevention of microvascular thrombosis with recombinant human tissue-type plasminogen activator (rt-PA). *Microsurgery*. 2001;21(8):357-61.

74- Matsuno H, Uematsu T, Nagashima S, Nakashima M. Photochemically induced thrombosis model in rat femoral artery and evaluation of effects of heparin and tissue-type plasminogen activator with use of this model. *J Pharmacol Methods*. 1991;25(4):303-17.

75- Lee N, Daley RA, Cooley BC. Rat posterior facial vein interpositional graft: a more relevant training model. *Microsurgery*. 2014 Nov;34(8):653-6. doi: 10.1002/micr.22278. Epub 2014 May 22. PMID: 24848809.

76- Greene EC. *Anatomy of the rat*. New York, London: Hafner Press; 1935.

77- Newman MI, Jack MC, Samson MC. SPY-Q analysis toolkit values potentially predict mastectomy flap necrosis. *Ann Plast Surg*. 2013;70(5):595-8.

78- Brown M, Lu Y, Chung KC, Mahmoudi E. Annual Hospital Volume and Success of Digital Replantation. *Plast Reconstr Surg*. 2017;139(3):672-80.

79- Trapero A, Thione A, Alonso Carpio M, Pérez-García A. Heterotopic versus Ectopic Replantation: What's the Difference? *Plast Reconstr Surg*. 2021;147(1):180e-181e.

80- Akimau P, Yoshiya K, Hosotsubo H, Takakuwa T, Tanaka H, Sugimoto H. New experimental model of crush injury of the hindlimbs in rats. *J Trauma*. 2005;58(1):51-8.

81- Wang Z, He B, Duan Y, Shen Y, Zhu L, Zhu X, Zhu Z. Cryopreservation and replantation of amputated rat hind limbs. *Eur J Med Res*. 2014;19(1):28.

82- Zhang F, Oliva A, Kao SD, Newlin L, Buncke HJ. Microvascular vein grafts in the rat cutaneous free-flap model. *J Reconstr Microsurg*. 1994;10(4):229-33.

83- Gravvanis AI, Tsoutsos DA, Lykoudis EG, Iconomou TG, Tzivaridou DV, Papalois AE, Patralexis CG, Ioannovich JD. Microvascular repair following crush-avulsion type injury with vein grafts: effect of direct inhibitors of thrombin on patency rate. *Microsurgery*. 2003;23(4):402-7; discussion 408-9.

