



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF VE
ESTETİK CERRAHİ ANABİLİM DALI**

DAMARLARDA AVÜLZİYON YARALANMALARI OLUŞTURMAK İÇİN YENİ BİR DENEYSEL MODEL GELİŞTİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mehmet Can UBUR

Antalya, 2016



**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF VE
ESTETİK CERRAHİ ANABİLİM DALI**

DAMARLARDA AVÜLZİYON YARALANMALARI OLUŞTURMAK İÇİN YENİ BİR DENEYSEL MODEL GELİŞTİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mehmet Can UBUR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özlenen ÖZKAN

“Kaynak gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

Antalya, 2016

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2016-2017 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesinin Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalının bilimsel araştırma ve uygulama çalışmalarına verdiği destek ile hazırlanmıştır.

Asistanlık eğitimi gibi meşakkatli yolda her bir zerremde emeği geçen, adeta bir hamur gibi beni yoğurup bana şekil veren, hekimlik sanatını kimi zaman anne, baba gibi kimi zaman da abi, abla gibi sabırla bana öğreten, onların yanında eğitim aldığım için gurur duyduğum, önlerinde saygıyla eğildiğim ve ilelebet de saygılı olup örnek alacağım imkansızları başaran çok değerli hocalarıma teker teker teşekkür ediyorum. Sayın hocalarım, Sizler; benim sadece hekim olmama değil, ufku geniş, yenilikçi, akılcı bir kişi olmama vesile oldunuz. Üzerimdeki emeklerinizi hayatım boyunca boşa çıkarmamak için azami gayret göstereceğim.

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bu tezin oluşumunda bilimsel çalışmanın gereklerini öğreterek beni yönlendiren, iyi bir eğitim alarak yetişmem için her türlü fedakarlığı yapan, bilgi ve tecrübelerinden yararlanırken benden hoşgörü ve sabrını esirgemeyen tez danışmanım ve değerli hocam **Doç. Dr. Özlenen ÖZKAN**'a

Cerrahi sevgisi, çalışma azmi, cesareti ve geniş ufkuyla yeni bilimsel gelişmelere katkı sağlayan ve aynı şekilde bizi yönlendiren, bizim iyi bir cerrah olarak yetişmemiz için bize örnek teşkil eden ve bunu başarmamız için elinden gelen hiç bir şeyi esirgemeyen, uzmanlık eğitimin boyunca destek olan, tez çalışmalarım ve klinik çalışmalar sırasında tecrübelerini paylaşan ve yol gösteren değerli hocam **Prof. Dr. Ömer ÖZKAN**'a

Beraber çalıştığımız süre boyunca desteğini esirgemeyen, öğrenme ve uygulama adına bize yardımcı olan ve yol gösteren değerli hocam **Prof. Dr. O.Koray COŞKUNFIRAT**'a

Uzmanlık eğitimim boyunca tecrübelerini benden esirgemeyen **Uzm. Dr. A.Harun ŞİMŞEK**'e, bana maddi ve manevi her türlü desteği sunan arkadaşım ve meslektaşım **Uzm. Dr. Polat BİÇİCİ**'ye, ayrıca **Uzm. Dr. Seçkin AYDIN**

SAVAŞ'a, ortak kaderi paylaştığım, kardeşlerim ve meslektaşlarım olan diğer asistan arkadaşlarım **Dr. Serkan İLHAN**'a, **Dr. Onur OĞAN**'a, **Dr. Adil CÜMŞUDOV**'a, **Dr. H.Tuna TÜRKMEN**'e, **Dr. Yalçın LEYMUNÇİÇEĞİ**'ne ve **Dr. Sinem ÇİLİNGİR**'e,

Tez çalışmam boyunca birlikte çalıştığım ve her türlü teknik destek aldığım Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi **Tanfer CANER**'e ve Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik Anabilim Dalı Başkanı **Prof. Dr. İsmail BOZTOSUN**'a,

Tez çalışmam boyunca laboratuvarında yardımcı olan **Vet. Hk. Doğa BESNE**'ye, verileri patolojik olarak değerlendirme aşamasında yardımcı olan **Doç. Dr. C. İbrahim BAŞSORGUN**'a,

Eğitim sürecinde aynı ortamlarda bulunup ortak işler yürüttüğümüz personel, danışma, hemşire ve sekreter arkadaşlarıma,

Beni bugünlere getiren, en zor şartlarda vazgeçmeyip kendilerinin elde edemedikleri şansı sonuna kadar bana sunan anne ve babama, kardeşim aynı zamanda meslektaşım **Ahmet UBUR**'a benden desteklerini esirgemeyen diğer tüm kardeşlerime

Teşekkür ederim...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
Şekiller Dizini	vi
Resimler Dizini	vii
Grafikler Dizini	viii
Çizelgeler Dizini	ix
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Ring (Yüzük) Avülziyon Yaralanmaları	5
2.2. Degloving Yaralanmaları	7
2.3. Brakiyal Pleksus Avülziyonları (BPI)	12
2.4. Kulak Avülziyonları	14
2.5. Tırnak Avülziyonları	18
2.6. Skalp Avülziyonları	20
2.7. Diş Avülziyonları	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	24
3.1. Avülziyon Modeli	24
3.2. Pilot Çalışma	28
3.3. Grup 1	30
3.4. Grup 2	30
3.5. Grup 3	31
3.6. Grup 4	32
4. BULGULAR	33
4.1. Pilot Çalışma	33
4.2. Grup 1	35
4.3. Grup 2	35
4.4. Grup 3	37
4.5. Grup 4	38

5. TARTIŞMA	41
5.1. Damarlarda Avülziyon Yaralanması Oluşturulması	41
5.2. Deneysel Cilt Degloving Modelleri	47
5.3. Deneysel Sinir Dokusu Avülziyon Modelleri	50
6. SONUÇ	52
7. ÖZET	54
8. ABSTRACT	55
9. KAYNAKLAR	56



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ALT	Anterolateral Uyluk
BPI	Brakiyal Pleksus Yaralanması
fMRI	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
FTSG	Tam Kalınlıkta Deri Grefti
ICAM-1	Intercellular Adhesion Molecule-1
IV	İntravenöz
MLL	Morel-Lavallee Lezyon
rt-PA	Recombinant Human Tissue-Type Plasminogen Activator
STSG	Kozmetik Yönden Kısmi Kalınlıkta Deri Grefti
VAC	Vakum Yardımlı Kapatma

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Sistemin şematik gösterimi ve çalışma yapısı	27
4.1. Grup 2’de arter, ven ve sinir görülmektedir	36
4.2. Grup 3’te sadece sinir ve ven görülmektedir	37
4.3. Grup 4’te sadece sinir görülmektedir	39
5.1. Avülze tavşan femoral arter ve veninin şematik olarak gösterilmesi; proksimalden ve distalden rüptüre doğru perfüzyonunun gösterilmesi	41
5.2. Rooks ve ark. tarafından geliştirilen crush yaralanma modeli, altta ise aynı çalışmada crush yaralanma sonrası avülziyon yaralanması oluşturmak için oluşturulan sistem	43
5.3. A-B: Avülziyon yaralanması bölgesi; BC, bulldog vascular clamp; MH, mosquito hemostat; ST, silicon tube; FA, femoral arter	44
5.4. Karlender ve ark tarafından oluşturulan damarlarda crush yaralanma oluşturma modelinin şematik olarak gösterilmesi	45
5.5. Yerçekimi etkisiyle asılan ağırlık aşağı doğru düştüğünde damarda traksiyona neden olur	46
5.6. Trombotik oklüzyon oranları (a) arterlerin (b) venlerin y eksenine kapanan damarların; a eksenine avülziyon kuvvetlerini göstermektedir	46
5.7. Kupfer ve ark tarafından oluşturulan model üstte ve altta aynı çalışmada elde edilen kuvvet zaman eğrisi	47
5.8. Rat tüpün içine yerleştirilerek ön ayak delikten çıkarılmış ve metal kol yardımıyla sıkıca bağlandıktan sonra lever kol denilen parçaya bağlanmış, destek noktasının uzağına da ağırlıklar konularak düşmesi sağlanmış	49
5.9. (a) modelin parçalarının dizayn edilmiş şekli, A: tüp; B: metal manşet; C: makara; D: tel; E: ağırlık; F: gayd rod. (b-d) Ratlar dik pozisyonda silindirik tüpün içine yerleştirilmiş. Silindirin kenarından delik açılarak ön ayağın çekilmiş ve makara aşağı yukarı doğru hareket edilerek 30, 90, 150 derecede traksiyon kuvvetinin yönünün değiştirilmesi	50

RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Sistemin hazırlandıktan sonraki hali görülmektedir. A: Ratın yerleştirildiği yakınlaştırılıp uzaklaştırılabilir enstrüman; B: Çekme çubuğu ratın ekstremitesinin bağlandığı çubuk; C: Load cell (yük hücreleri, motor sürücü, mikrokontrolör gibi sistemin diğer elemanlarının bulunduğu kapalı alan); D: yazılım aracılığıyla verilerin ve uygulanan kuvvetin gösterildiği bilgisayar sistemi	26
3.2. Ratın sağ ekstremitesinde sadece nörovasküler bundler kalacak şekilde tüm dokular uzaklaştırıldıktan sonra ayarlanabilir zeminin üzerine konulduktan sonra ekstremitesi oluşturulan oluktan dışarı çıkarılarak üzeri kapanmış hali görülmektedir. Burada sistem tarafından ekstremitte çekilirken kuvvet mesafe eğrisi bilgisayar üzerine aktarılacaktır	27
3.3. Tüm dokular uzaklaştırıldıktan sonra sadece nörovasküler paketin kaldığı görülmektedir	28
3.4. Nörovasküler bundle'daki fibroz doku ve arterin koptuktan sonra sadece ven ve sinirin görülme anı	30
3.5. Fibröz doku, arter ve venin koptuğu ve sadece sinirin intakt olduğu görüntü	31

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Pilot çalışmada rat ekstremitesi sabit hızla çekilirken bir ratta oluşan kuvvet yol eğrisi	33
4.2. Grup 2'deki ratların birinde elde edilen kuvvet eğrisi	35
4.3. Grup 3'deki ratların birinde elde edilen kuvvet eğrisi	37
4.4. Grup 4'deki ratların birinde oluşan kuvvet eğrisi	39



TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Pilot çalışmada her bir yapıda kopma esnasındaki kuvvetlerin tablosu	33
4.2. Grup 1'deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu	34
4.3. Grup 2'deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu	34
4.4. Grup 3'deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu	37
4.5. Grup 4'deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu	38

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Avülziyon Latince bir kelime olup, kopma veya yırtılma anlamında kullanılmaktadır; tıbbi literatürdeki kullanımı ise vücut yapılarının normal yapıştığı veya oturduğu yerden travma veya cerrahi bir nedene bağlı olarak bir kuvvet yardımıyla yırtılıp ayrılmasıdır.

Avülziyon yaralanması, cilt travmalarında çok sık karşılaşılmakla birlikte diğer dokulardaki travmalarda da meydana gelmektedir. Ciltteki avülziyon yaralanmalarında cilt bir kuvvet yardımıyla parçalanıp uzaklaşırken subkutan doku, kas, tendon ve kemik gibi dokular açığa çıkmakta veya avülze olan cilt dokusuyla birlikte bu yapıların tamamı veya bir kısmı ampute olabilmektedir. Avülziyon yaralanmaları bazen cilt ile birlikte deriyle yakın ilişkisi olan göz kapakları, kulak ve burun gibi yapılarda parsiyel veya total kayıp şeklinde karşımıza çıkabilmektedir [1].

Avulziyon yaralanmaları plastik cerrahide acil olarak karşılaşılr. Etkilenen alan ayak veya el parmakları olabileceği gibi el, ekstremit, kulak veya skalp olabilir. Yaralanmanın mekanizması genellikle şiddetli vasküler yaralanmayı indükler. Vakaların çoğunda vasküler yaralanmanın gerçek boyutunu değerlendirmek oldukça güçtür [2-4].

Avülziyon yaralanmaları sonrası yapılan mikroanastomozları takiben vasküler tromboz riski yüksektir ve mikrocerrahideki teknik gelişmelere rağmen replantasyondaki başarısızlık oranı yüksektir. Bu tip yaralanmaları takiben anastomoz yapılan alandaki tromboz formasyonunu engellemek için çeşitli antitrombotik ve antikoagülan ajanlar kullanılmıştır. Antitrombotik ve antikoagülan ajanların deneysel çalışmalarda arter ve venler üzerindeki avülziyon yaralanmaları sonrası etkinlikleri araştırılırken kullanılan crush-avülziyon modelleri ile ilgili literatürde birkaç çalışma mevcuttur.

Cooley ve ark. tarafından 1985 yılında rat femoral arterde lokal avülziyon yaralanmasını takiben mikrocerrahi onarım gerçekleştirmek amacıyla oluşturulan avülziyon modelinde femoral arter disseke edildikten ve tamamen izole edildikten sonra, mosqitonun iki ucu silikon bir kılıf ile kaplanarak damarın orta yerine konulmuş ve iki uçtan uzaklaşacak şekilde mosquitolar çekilerek avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmıştır [5].

1999 yılında Lykoudis ve arkadaşları tarafından recombinant human tissue-type plasminogen activator (rt-PA)'ün avülziyon yaralanmaları üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada; arterde crush-avülziyon yaralanmasını tetiklemesi için eksplore edilen femoral arter orta bölgeden Dieffenbach's klemp ile tutturulmuş ve 30 dk bekledikten sonra kaldırılmıştır ve iki moskitoya silikon geçirilerek Cooley ve ark'nın yaptığı gibi arter iki uçtan tutturulmuş ve yine orta bölgeden uzaklaşılacak şekilde çekilerek avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmıştır. Çekme işleminin ortalama bir kuvvet ile yapıldığı belirtilmiştir [6].

Deneysel olarak degloving yaralanması oluşturmak için yapılan çalışmaların çoğunda kuyrukta cilt insizyonunu takiben kuyruk iki parmak arasında distale doğru sıyrılarak degloving yaralanması elde edilmiş ve bazen bu distale doğru sıyrılma işlemi dört adet moskito ile tutturularak gerçekleştirilmiştir. Bazı çalışmalarda kuyruk yerine bu işlem arka ekstremitede de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda sıyrılma işlemi ortalama bir kuvvet ile yapıldığı belirtilmiştir [7-9].

Deneysel brakial pleksus yaralanmasının (BPI) oluşturulması ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda BPI oluşturulurken invaziv bir yol izlenmiş, brakial pleksus köklerinin çıktıkları yerler cerrahi olarak açıldıktan sonra ekstravertebral veya laminektomi yapılarak intravertebral olarak avülziyon yaralanması oluşturulmuştur. Buna karşı bu durumun brakial pleksus yaralanmalarının oluşma esnasındaki natürünü taklit etmediği ileri sürülerek noninvaziv yöntemlerin kullanıldığı bir kaç çalışma da mevcuttur. Bu noninvaziv çalışmalarda ratı yukarda sabit tutan bir silindirin inferior kenarında delik açılarak ön ekstremitesi çıkarılmış ve daha sonra belli bir ağırlık ratın dışarda olan ön ekstremitesine tutturularak yer çekimi etkisiyle birden bırakılarak avülziyon yaralanması oluşturulmuştur [10-14].

Bunlar ve bunlara benzer çalışmalarda oluşturulan deneysel modellerde arter veya vende avülziyon yaralanması oluşturmak için her hayvana uygulanan kuvvet büyüklüğü hakkında kesin bir bilgi bulunmamaktadır ve ratlar arasında avülziyon yaralanması şiddetinin aynı olup olmadığı ile ilgili bilgi elde edilemediğinden aynı çalışmada hayvanlar arasında objektif sonuç elde etmek zorlaşmaktadır. Degloving yaralanma modeli oluşturulurken cilt dokular üzerinden distale doğru parmakla veya herhangi bir aletle sıyrılırken ortalama bir kuvvet kullanıldığı belirtilse de, nicel bir veri olmadığından tamamında aynı şiddette kuvvet uygulanıp uygulanmadığı durumu

tartışmalıdır. Deneysel brakial pleksus avülziyon yaralanmasında invaziv ekstravertebral yöntem ve noninvaziv yöntem kullanılarak yapılan çalışmalarda da aynı miktarda kuvvet ve aynı sürede uygulama gibi parametrelerde de objektiflik konusu bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada; deneysel rat femoral nörovasküler pakette avülziyon yaralanmasının oluşturulmasında kullanılan bu cihaz ile; hız, kuvvet ve uygulama süresi gibi değişkenler sabit tutularak, aynı çalışmadaki farklı hayvanlar üzerindeki avülziyon yaralanmaları şiddeti birbirine yaklaştırılarak standardize edilebilir ve oluşabilecek sapmalar önlenabilir. Bu model arter ven ve periferik sinirde deneysel avülziyon yaralanması oluşturulması amacıyla kullanılabileceği gibi, ciltte degloving yaralanması oluşturulması, invaziv ekstravertebral ve noninvaziv brakial pleksus yaralanmalarının oluşturulması amacıyla da diğer değişkenler sabit tutularak da kullanılabilir.

Çalışmamızda ratların arka sağ ekstremitelerinde sadece nörovasküler paket kalacak şekilde tüm dokular ayrıldı. Pilot çalışmada ekstremitte oluşturulan model ile çekilirken mikroskop altında bakılarak kopma sırası ve her bir yapının koptuğu esnadaki kuvvet tespit edilerek buna göre patolojik olarak da kanıtlanması amacıyla örneklem yapılacağı yer tespit edildi. Daha sonra kuvvette düşme görülen dört farklı yer belirlenerek; kuvvette düşme olmadan önce ve kuvvete düşme tespit edilen yerlerin arası tespit edilerek dört farklı grup şeklinde bu yerlere kadar ekstremitte çekilerek işlem gerçekleştirildi ve histopatolojik değerlendirme için örnek alındı. Çalışmamızda rat femoral nörovasküler paketin avülziyon yaralanmasına bağlı kopmanın meydana gelme sırası ve nörovasküler yapıdaki her bir yapının koptuğu andaki kuvvetin tespit edilmesi amaç olarak belirlendi.

2. GENEL BİLGİLER

Avülziyon yaralanması terimi cilt travmalarında çok sık kullanılmaktadır. Burada cilt bir kuvvet yardımıyla parçalanıp uzaklaşırken subkutan doku, kas, tendon veya kemik gibi yapılar açığa çıkmaktadır. Avülziyon yaralanmaları bu anlamda abrazyon yaralanmalarına benzemekle birlikte daha şiddetli olması, cildin katmanlarını daha derin etkilemesi ve/veya deri eklerinin tam veya parsiyel kaybını ihtiva etmesiyle farklılık arz etmektedir.

Avülziyon yaralanması küçük cilt fleplerinin kalkması ya da degloving tarzında olabileceği gibi parmak veya ekstremité amputasyonu şeklinde de olabilir. Ciltte avülziyon yaralanmasının oluşmasının en sık nedenleri arasında trafik kazaları özellikle motosiklet kazaları gelmektedir.

Damarlardaki avülziyon yaralanması oluşturulması ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda damarlarda endotel, internal elastik lamina ve tunika mediada hasar tespit edilmiştir. Histolojik değerlendirmede endotelde dökülme, internal elastik laminada dalgalanma ve bölgesel yaralanma ve tunika mediada değişen derecelerde kas hasarı tespit edilmiştir [6].

Avülziyon yaralanmaları sadece ciltte görülebileceği gibi, cilt altı dokuları da etkileyecek şekilde görülebilir. Kulak, göz kapakları, yüz [15] gibi cilt ile ilişkili yapılarda görülebileceği gibi, kemik [16], diş, karaciğer [17, 18], safra kesesi ve yolları [19-21], dudenum [22] ve dalakta [23, 24], optik sinirde [25], vokal kordlarda [26] görüldüğü bildirilen vakalar mevcuttur. Bunun dışında inferior vena cava veya subklavian arter gibi damar yapılarını etkileyen önemli mortalite ve morbiditeye neden olan avülziyon yaralanmaları da bildirilmiştir [27, 28]. Bunlar içinde çok sık görülen ve oluşma mekaniği ve tedavisi açısından farklılık arz eden avülziyon yaralanmaları aşağıda ayrı başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.1. Ring (Yüzük) Avülziyon Yaralanmaları

Parmak avülziyon yaralanmaları nadir ancak şiddetli yaralanmalardır. Yüzüğün kapı kolu, araba kapısı, trabzan gibi yerlere takılıp, parmağın bir kısmının kopmasına ya da cildinin soyulmasına yol açtığı yaralanmalardır

Ring avülziyon yaralanmaları basit bir abrazyondan tam bir amputasyona veya komplet deglovinge kadar değişik derecelerdeki yaralanmaları içerir. Ring avülziyon yaralanmaları el cerrahisinin yönetilmesi zor olan grubu temsil etmektedir. Tedavi yaklaşımı ile ilgili literatürde az sayıda yayın bulunmaktadır.

Yüzükler antik çağlardan beri kişiler arasındaki düğün sembolü olarak kullanılmaktadır, ancak bireylerin işleriyle ilgili travmaya neden olarak adeta bir tuzak görevi görmektedir. Ring avülziyon yaralanmalarına yaklaşım uzun süre karmaşık problemlerle karşılaşmıştır. Mikrocerrahinin gelişmesinden önce tartışmalar distal flep ile kapatılma ya da greftleme mi amputasyona tercih edilmeli şeklindeydi [29-33]. Mikrocerrahinin gelişmesi ile birlikte seçenekler daha komplike hale gelmiştir [34]. Lokal flepler, pediküllü flepler ve greftlere ek olarak serbest flepler [35, 36] ve replantasyon [37] seçenekleri sunulmuştur.

1968 yılında Komatsu ve Tamai tarafından mikrovasküler anastomoz ile ilk başarılı replantasyon yapılması ile birlikte replantasyon teknikleri daha çok ön plana çıkmıştır. Ven greftlerinin kullanımı, mikrocerrahideki ilerlemeler ve antikoagülan ve vazodilatör ajan kullanımı ile sonuçlarda daha fazla düzelme sağlanmıştır. Buna rağmen şiddetli yaralanmalarda başarı şansı düşüklüğü devam etmektedir. Ampute olan parçalar dört gruba ayrılabilir: keskin (temiz kesi), künt, crush/basınç, avülziyon. Başarı oranı crush ve avülziyon tipi yaralanmalarda düşmektedir (%10-70). Temiz keskin yaralanmalarda bu oran daha yüksektir (%90'a kadar) [38-43].

İlk kez Urbaniak ve ark. tarafından 1981 yılında mikrovasküler dolaşım göz önünde bulundurularak basit bir sınıflandırma yapılmıştır:

Sınıf 1: Dolaşım yeterli,

Sınıf 2: Total amputasyon yok ancak dolaşım yetersiz,

Sınıf 3: Tam amputasyon ya da tam degloving yaralanması mevcut.

Burada sınıf 2 hastalarda mikrocerrahi yöntem ile iyi sonuç elde edilebilirken sınıf 3 hastalarda bu oran düşük olarak bulunmuş ve bu sınıftaki hastalar için amputasyonun iyi bir seçenek olabileceği savunulmuştur [44].

1984 yılında Nissenbaum tarafından sınıf 2 yaralanmalar 2A ve 2B diye iki subgruba ayrılmıştır. Buna göre;

Sınıf 1: Dolaşım yeterli,

Sınıf 2A: Sadece arteryel yetmezlik bulguları var,

Sınıf 2B: Dolaşım yetersiz ve kemik, sinir ya da tendon yaralanması mevcut,

Sınıf 3: Komplet degloving ya da amputasyon.

Sınıf 2A'daki hastalarda revaskülarizasyon sağlandıktan sonra başarı şansının yüksek olduğu belirtilmiştir [45].

Kay ve ark. tarafından 1989 yılında iskelet yaralanmasının olup olmadığı ile ilgili verileri de içerecek şekilde yeni bir sınıflandırma yapılmıştır.

Sınıf 1: Dolaşım yeterli iskelet yaralanmasıyla birlikte ya da iskelet yaralanması eşlik etmiyor.

Sınıf 2: Dolaşım yetersiz ancak iskelet yaralanması eşlik etmiyor.

Sınıf 3: Dolaşım yetersiz ve iskelet yaralanması eşlik ediyor.

Sınıf 4: Komplet amputasyon.

Buradaki sınıflandırmaya göre sınıf 4 ile 3 arasında ya da Urbaniak sınıf 3 ile 2 arasındaki sonuçların birbirleriyle kıyaslanabileceği belirtilmiştir [46].

Weil ve ark tarafından sınıflandırma arter ve veni ayrı ayrı kapsayacak şekilde modifiye edilmiştir;

Sınıf 1: Dolaşım yeterli,

Sınıf 2A: Sadece arteryel yetmezlik,

Sınıf 2B: Sinir, tendon, kemik yaralanması ile birlikte dolaşım yetmezliği mevcut,

Sınıf 2C: Sadece venöz yetmezlik mevcut.

Sınıf 3: Tam amputasyon ya da degloving,

Sadece venöz yaralanması olan hastalardaki revaskülarizasyon başarısının yalnız arter yaralanması olan hastalarla aynı olduğu belirtilmiştir [47].

Bu sınıflandırma şekillerinden çok farklı olarak karşımıza çıkan vakalar da bulunmaktadır. Ring avülziyon yaralanması oluşması sonrası hissizlik ile başvuran bir hastada sinir dışında cilt ve diğer tüm yapılar sağlam olmasına rağmen bilateral arteriyel dolaşım yetmezliği tespit edilen hastalar bildirilmiştir [48].

Ring avülziyon yaralanmasında tedavi planlanırken parmağın fonksiyonları göz önünde bulundurulmalıdır. Yüzük parmağı kavramada, elin çukurlaşmasında devamlılığın sağlanmasında ve görünüm açısından önem arz etmektedir. Bu fonksiyonların karşılanması için parmakta ROM(range of motion) denilen hareket aralığının iyi olması, dokunma duyusunun olması, soğuk intoleransı, deformite ve ağrının olmaması gerekmektedir. Mikrocerrahideki gelişmelere rağmen, komplet degloving yaralanmalarda veya amputasyonlarda bu sonuçlara ulaşmak zordur. Bu yüzden bazı otörler tarafından bu tip yaralanmalarda cerrahi amputasyon önerilmekte [44], ancak iyi endikasyonlarda replantasyon gerçekleştirilmektedir [45].

Buna karşın Özkan ve arkadaşları tarafından bildirilen 6 vakalık ring avülziyon serisinde Kay sınıflamasına göre hastaların üçü sınıf 3 ve kalan üç hastanın da sınıf 4 olduğu belirtilmiştir. Hastaların tümünde cilt defekti proksimal falanksta farklı seviyelerde başladığı ve kemik amputasyonun DIP eklemi seviyesinde olduğu belirtilmiştir. Mikroanastomoz yapılarak tüm parmaklar replante edilmiş ve replantasyondaki başarı oranı %100 olarak bulunmuş. Gerektiğinde greft kullanılarak anastomoz yapılması gerginliğin azalmasına ve yeteri kadar debridman yapılmasına imkan vermesi nedeniyle başarıyı etkileyen önemli bir faktör olarak belirtilmiştir. Mikrocerrahi ile onarım fonksiyonel ve estetik açıdan yaralanma şiddetinin gireceği sınıftan bağımsız olarak üstün özelliklerinin mevcut olduğu belirtilmiştir[49].

2.2. Degloving Yaralanmaları

Cildin ve subkutan dokunun geniş bir bölümünün alttaki dokudan tamamen ayrılması ve cilde gelen kan akımının kesilmesi şeklinde olan bir yumuşak doku yaralanmasıdır ve bir avülziyon yaralanması tipidir. Bu tür yaralanmada yaralanmanın oluşma şekli eldivenin çıkarılmasına benzediği için isimlendirme bu şekilde yapılmıştır.

Genellikle ekstremitelerde görülür. Erken yaşlarda ciltte elastik doku fazlalığı nedeniyle insidansı daha düşüktür. İleri yaşlarda oluşma ihtimali daha yüksektir [50].

Degloving yaralanmaları açık ve kapalı yaralanma olmak üzere iki şekilde görülmektedir;

1) Kapalı degloving yaralanması (Morel-Lavalle lezyon)

Kapalı degloving yaralanma Morel-Lavallee Lezyon (MLL) olarak da adlandırılır. İlk defa 1853 yılında Fransız doktor Maurice Morel-Lavelle tarafından pelvisteki degloving tarzı yaralanmalar için tariflenmiştir. Basınç ve makaslama kuvvetleri ile cilt ve subkutan doku alttaki fasyadan ayrılır. Köprü yapan kan ve lenf damarları hasarlanarak ya da koparak yaralanma sonucu oluşan planda kan, lenf veya nekrotik yağ dokusunun toplanmasına neden olarak bakteriel kolonizasyon ve enfeksiyona meyilli olma durumu söz konusudur [51]. Normal ciltte damarlar fasyayı delerek cilde ulaşır ve bu tip yaralanmada yaralanmanın olduğu bölgedeki bu damarlar hasarlanır. Ciltte iskemi olma olasılığı yükselmesine rağmen cilde dermal ve subkutan vasküler pleksustan dolaşım desteği devam edebilir [52].

MLL'lar sıklıkla flank, kalça ve büyük trokanter bölgesinde sık görülmesine rağmen dizde de görülebilir. Kalça bölgesinde sıklıkla asetabulum ve pelvis kırıkları ile ilişkilidir [53].

Tanıda travma öyküsü özellikle künt travma önemlidir. İncelemede ekimoz, kızarıklık görülebilir. Fizik muayenede şişlik, hassasiyet, ciltte hipermobilité, fluktuasyon önemli bulgulardır. Şüpheli durumlarda USG veya MR çekilebilir.

Tedavide erken dönemde dinlenme, buz ve elevasyon; geç dönemde baskı ve kriyoterapi uygulanabilir [51, 54, 55]. Tekrarlanan aralıklarla sıvı çekme gibi alternatif yöntemler sıvının rezorbsiyonunda gecikmeye neden olur [54]. Kalça ve bu bölgeye yakın bölgelerde MLL'ye bağlı oluşan psödokistlerin tedavisinde talc sklerodesis başarılı bir şekilde kullanılabilir [56]. Açık drenaj ve debridman kronik dönemdeki hastalarda enfeksiyon oranını azaltır [51, 55]. Cilde giden kan dolaşımının daha fazla bozulmaması amacıyla bu vakaların çoğunda daha az invaziv olan perkutan drenaj tercih edilmektedir [57].

En geniş seri ABD'de 13 yılda 24 futbolcuda 27 dizde meydana gelen MLL'leri retrospektif olarak inceleyen bir çalışma kayıtlara geçmiştir. Bu vakalarda yaralanma esnasında futbolcuların tamamında dizliğin takılmadığı ve vakaların %20'sinde karşı taraf futbolcudan dize direkt darbe alınması sonucu gelişirken %80'i yere düşme esnasında alınan darbeden dolayı oluştuğu gözlemlenmiştir. Vakaların

%67'si aynı gün değerlendirilirken, %33'ü uyluk ve diz ağrısı, ekimoz, şişkinlik ve sertlik gibi şikayetler başladıktan sonra değerlendirildiğinde fark edilmiş. Hastaların tümünde diz fleksiyonu esnasında uylukta gerginlik hissi ve %40'ında diz fleksiyonu kısıtlandığı belirtilmiş. Hastaların %50'sinde kriyoterapi, baskı yapma ve erken dönem egzersiz programıyla başarılı bir şekilde tedavi edilmiş ve 10 gün içinde tüm bulgular kaybolmuş. Vakaların kalan %50'sine de en az bir defa aspirasyon yapılmış. Hastaların toplamda %20'sine çok sayıda aspirasyon yapılmış ve 5 ile 80 gün arasında takip edilmiş. Üç hasta (%10) doksisisiklin sklerodezis ile tedavi edilmiş. Hastaların tamamında enfeksiyon ile ilgili herhangi bir bulgu saptanmadığı belirtilmiş. Küçük miktarlardaki sıvı toplanması durumunda vazopnömotik krioterapi, baskılı sarma ve erken dönemde egzersize başlama; geniş bir sıvı toplanması tespit edildiğinde gerektiği kadar aspirasyon ve vazopnömatik krioterapi ve seri aspirasyonlardan hastanın fayda görmediği durumlarda doksisisiklin sklerodezis'in güvenle kullanılabileceği belirtilmiş. MLL'nin tedavisinin geciktiği durumlarda sıvı toplanması olan yerde bakteriyel süperenfeksiyonun oluşabileceği ve perkutan drenaj için gereksinim ile sonuçlanabileceği belirtilmiş ve hastalardan toplanan sıvıdan kültür alma veya hastalara antibiyotik vermeye gerek olmadığı savunulmuştur [54].

2) Açık degloving yaralanması

Çok ciddi yaralanmalardır ve en uygun cerrahi tedavi kararının verilmesinde cerrahların zorlandığı bölümdür [58].

Hidalgo tarafından degloving tarzı yaralanmalar üç ana gruba ayrılmıştır;

Tip 1: En sık görülen tip ve avülze alanların görüldüğü ortalama bir avülziyon durumudur,

Tip 2: Atipik avülziyon yaralanması türüdür. İlk görüşte ciddi travma belirtileri izlenmese de geniş bir alanda avülziyon yaralanması mevcuttur.

Tip 3: Plantar bölge ve skalp gibi spesifik bölgelerde görülen avulziyon yaralanmasıdır.

Bu yaralanmaların çoğunda revaskülarizasyon ve replantasyonun gerekir [59].

Waikakul tarafından deglove cilt flepleri üç kısma ayrılmıştır;

Tip 1: Abrazyon, laserasyon ya da yanık gibi flebin çoğu yerinde şiddetli hasarlanma mevcuttur. Subkutan dokuda hasarlanma ve ciltten ayrılma mevcuttur,

Tip 2: Fleplerin çoğunda orta şiddette hasarlanma mevcuttur. Cilt ve subkutan doku alttaki fasyadan ayrılmıştır. Subkutan venler görülebilir ve venöz geri dönüş yoktur,

Tip 3: Flepte orta şiddette hasarlanma mevcuttur. Ciltte küçük yanık alanları dışında şiddetli yaralanma mevcuttur. Subkutan venler sağlamdır ve venöz geri dönüş vardır.

Tip 1 hastalar için cilt dışında kapsamlı bir debridman yapılmış ve kas üzerine FTSG konulmuş. Flebin şiddetli kontüzyon olan yerleri eksize edilerek sağlam alandan STSG konulmuş. Flebin bazı yerlerinde değişen derecelerde kontüzyon tespit edilenlerde flep STSG ye çevrilerek defektif alana konularak rekonstrüksiyon gerçekleştirilmiş. Tip 2: Debridmandan sonra flebin distalinde iki ya da üç ven yakındaki arterle özellikle musküler dallarla arterize edilmiş. Venöz geri dönüş başladığında dört ile altı arasındaki ven yaralanma alanı dışındaki venler ile anastomoz yapılmış. Tip 3: Geri dönüşü iyi olan venlerden üç ile beş arasındaki ven yaralanma alanı dışındaki venler ile anastomozu sağlanmış. Tip 1 hastalar için debridman+flep tip 2 ve 3 hastalar için revaskülarizasyonun düşünülmesi gerektiği belirtilmiştir. Tip 2 grubundaki hastalarda arterizasyonun sağlanamadığı durumlarda flebin greft haline çevrilerek rekonstrüksiyon yapılması gerektiği belirtilmiştir [60].

Eksremitedeki avülziyon yaralanmalarında kas, nörovasküler yapılar ve kemik gibi daha derin dokular etkilenebilir. Bu tür vakalarda sonuçlar daha tehlikeli hal alır. Bu tür durumlarda erken müdahale yapılmazsa enfeksiyon, sepsis, dissemine doku nekrozu gibi durumlar gelişebilir [61-63].

Tedavide acil serviste bu tip hastalar ile karşılaşıldığında avülze olan flep tekrar orijinal yerine getirilerek sütüre edilir. Bu işlem hızlıdır ve cildin lokal özellikleri devam eder ancak sıklıkla kısmen veya tamamen nekroz görülür [64, 65]. Tedavide temel prensip korunabilecek kadar dokunun korunması, erken kapatma, erken fonksiyona geri dönme olarak sıralanabilir [66]. Cildin dolaşımı bozulmayacak kadar az bir hasarlanma mevcut ise yerine sütüre edilir. Alttaki dokuyla bağlantısı tamamen kopmuş veya dolaşımı bozulmuş ise replantasyon veya revaskülarizasyon

yapılır. Burada revaskülarizasyon için arteriovenöz şant kullanılarak deglove olan flebin yaşama şansını artıran yayınlar mevcuttur [67]. Bunların sağlanamadığı durumda deglove olan dokunun dolaşımının sağlanamadığı yerler tam kat veya kısmi kalınlıkta deri grefti haline getirilerek greft olarak normal orijinal yerine kullanılır.

Tam kalınlıkta deri grefti (FTSG) tedavide basit ve etkili bir yöntem olması fonksiyonel ve kozmetik yönden kısmi kalınlıkta deri greftine (STSG) üstün olması nedeniyle sıklıkla bu seçenek olarak kullanılır [63, 68-71]. Burada temel sorun deglove olan ciltte dolaşım yetmezliğinin bulunup bulunmadığı sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu amaçla yüzey fluorometri, ultrasound, lazer dopler, fotopletismografi, sıcaklık monitorizasyonu ve transkutanöz oksijen monitorizasyonu kullanılmıştır [72]. Sadece intravenöz floresein boyasının verilerek cildin canlılığının değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur [73]. Deglove olan cildin viabilitesinin değerlendirilmesi amacıyla başka bir çalışmada intravenöz olarak floresein boyası verildikten 15 dk sonra wood's ışığı ile bakılmış ve deglove olan flebin floresein boyası alan kısımları normal sütüre edilirken boya almayan bölgeleri tam kalınlıkta deri grefti (FTSG) haline getirilerek orijinal yerine konulmuştur [74]. Son yıllarda meme ca sonrası rekonstrüksiyonda flep canlılığını göstermede ve kardio-toraksik cerrahi ve gastrointestinal cerrahide kullanılan mikrovasküler kan akımı ile doku perfüzyonunu gösteren SPY görüntüleme sistemi (Life Cell Corp, Branchburg, NJ, ABD) de kullanılmaya başlanmıştır. SPY görüntüleme sistemi kullanılarak lazer yardımcı indosiyanın yeşili boyası ile anjiyografi yapılarak flep canlılığının en iyi şekilde değerlendirildiği bildirilmiştir [75, 76].

FTSG ile yapılan onarımlarda greftte parsiyel nekroz olanlarının yüksek olması nedeniyle deglove olan cilt kısmi kalınlıkta deri greftine (STSG) çevrilerek rekonstrüksiyon yapılan yayınlar mevcuttur [77]. Bazı cerrahlar tarafından daha fazla dokunun korunması amacıyla ilk müdahalede primer sütürasyon yapılması ve damarkasyon hatları netleştğinde STSG kullanılması önerilmiştir, ancak bu durumda STSG gereksinimi için daha fazla donör alan gereksinimi ve delay fenomeninin oluşma olasılığı dezavantaj olarak kabul edilmiştir. Flep elevasyonundan sonraki iki üç günde vazodilatasyon geliştiği buna dayanılarak üç günlük bir beklemenin yeterli olduğu bildirilmiştir [78, 79]. Başka bir çalışmada avülziyon yaralanmalarında cildin primer sütüre edilmesi ve 24 saatlik takipten sonra cildin dolaşımında bozulma tespit

edilmesi durumunda hastanın flebinin grefte çevrilerek rekonstrüksiyon amaçlı kullanılabileceği belirtilmiştir[80].

Greftlerde hareketsizliğini sağlama, bakteriyel kolonizasyonu ve doku ödemi azaltmada vakum yardımcı kapatma (VAC) kullanılmıştır [61]. FTSG'nin yatağa bağlanmasını artırmak için baskılı pansuman dışında aralarda drenaj olacak şekilde delik bırakılmış ve greft birçok yerden tabana tespit edilerek mobilizasyonu azaltılmıştır [63]. Bu yöntemlerle greftlerin alttaki dokuyu tutma oranlarını artırdıkları belirtilmiştir.

Flep gereksinimi olması durumunda lokal flepler, abdominal interpolasyon flepleri, anterolateral uyluk (ALT) flebi, kasık flebi yapılabilir veya amputasyon uygunluğu durumunda amputasyon yapılabilir [81-89].

Çoğu memeli hayvanlarda yakalanmadan kaçmayı başarmak için kuyruklarında degloving tarzı yaralanma kapasiteleri mevcuttur.

2.3. Brakiyal Pleksus Avülzyonları (BPI)

Trafik kazası özellikle motosiklet kazası, yüksekten düşme gibi travmalara ya da doğum esnasında bebek doğum yolunda iken omuzun rotasyonuna bağlı olarak gelişen, brakiyal pleksusun dallarından birinin veya tümünün spinal korda yapıştığı yerden kopmasıdır. Travmatik BPI üst ekstremitenin en şiddetli yaralanmalarından biridir. Özellikle erken yaşlarda sağlıklı insanlarda meydana gelir ve cerrahi girişim ile BPI için tatmin edici sonuçlar elde etmek çok zordur [90]. Hastaların hayat kalitesinde düşme, iş kaybı yaşamasına neden olma gibi önemli sosyoekonomik durumları etkiler [91,92]. Etkilenen tarafta el, kol ve omuz hareketlerinde fonksiyon kaybı ve nöropatik ağrı görülebilir.

Sinir yaralanmalarında mikrocerrahi olarak onarım yapmada önemli ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, fonksiyonel iyileşmedeki sonuç halen beklentilerin altındadır. Nöropatik ağrı için medikal tedavi ve fonksiyonel tedavi için cerrahi tedavi gerekir. Sinir kökten koptuktan sonra tekrar oraya tutunma ihtimali yoktur. Bunun için kopan sinirlerin dışında herhangi bir sinire koaptasyon yapılmalıdır. Aksesuar sinir transferi [93], interkostal sinir [94], ya da frenik sinir [95] gibi çeşitli yöntemler tanımlanmıştır.

Seddon tarafından 1963'te komplet brakial avülziyon yaralanması olan bir hasta için dirsek fleksiyonunu sağlamak için ilk defa interkostal sinir ile muskulokutan sinir arasında koaptasyon sağlamak için girişimde bulunulmuş. Bu vakada ulnar sinir grefti alınarak iki sinir arasına konulmuş [96]. Daha sonra bu yöntem ile ilgili çeşitli modifikasyonlar bildirilmiştir. İnterkostal sinir ile muskulokutan sinir, radial sinir ve median sinir birbirlerine sütüre edilmiş. İnterkostal sinirin kullanıldığı 159 vakalık bir seride 40 yaşın altındaki hastalarda 6 ay içinde ameliyat edildiğinde iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir [94].

Karşı taraftan C7 sinir kökünün transferi ilk defa Gu tarafından bildirilmiştir [97, 98]. Daha sonra yapılan çalışmalarla sonucunda brakial plexus yaralanmalarında etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Klinik olarak biceps kasının karşı taraf C7 kökü ile nöratizasyonunun fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ile yapılan çalışmada nöratize kasın fleksiyonun bilateral ağ aktivitesi ile ilgili olduğu gösterilmiştir. Kontralateral korteks primer motor korteks ve bilateral premotor alan ile tamir edilen kolda görevlendirme ve kontrol görevi üzerine olan etkisi devam eder [99-104].

Deneysel BPAI oluşturulması sonrası kontralateral C7 ile onarım yapılan ve motor korteksin reorganizasyonu ile ilgili yapılan çalışmada kontralateral taraftan C7 alınarak hasarlı tarafta ön pençenin fonksiyonunu değerlendirmek amacıyla median sinire koapte edilmiş. Sinir transferinin 5. ayında hasarlı alanın temsil edildiği bölgenin ipsilateral motor korteks olduğu yani her iki taraf ekstremitenin hem sağlıklı hem hasarlı olan ekstremitenin ipsilateral motor korteks tarafından kontrol edildiği, 7. ayda hasarlı alanın motor kortekste her iki taraf motor korteks tarafından kontrol edildiği ve 10. ayda hasarlı alanın motor kortekste sadece kontralateral temsil edildiği belirtilmiştir. Bunun da kortikal reorganizasyonun tamamlandığı ve onarılan ekstremitenin sadece kendi orijinal bölgesinde kontrol edileceği anlamının çıkarılabileceği belirtilmiştir [10].

BPAI'nın cerrahi olarak tedavi edilmesinde frenik sinir kullanımı da ilk defa Gu tarafından bildirilmiştir [105]. Daha sonra pulmoner fonksiyonlar üzerine önemli bir komplikasyona yol açmadığının tespit edilmesi üzerine çoğu merkez tarafından kullanılmasına neden olmuştur [106, 107].

Oberline ve arkadaşları tarafından 1994'te brakial pleksusun üst köklerinin (C5, C6) avülziyon yaralanması olan hastalarda ulnar sinir kısmen kullanılmış. Dirsek fleksiyonunu için başka bir motor sinir olan ulnar sinirin %10'u kullanılmış. Bunun sonucunda ulnar sinir ile ilgili herhangi bir fonksiyon kaybı yaşanmadığı ve dirsek fleksiyonunun başarıldığı belirtilmiş [108].

Başka bir çalışmada brakial pleksusun üst köklerinin avülziyon yaralanmasında, muayenede median sinirin sağlam olduğu tespit edildikten sonra median sinir muskulokutan sinire koaptasyonu sağlanmış ve dirsekte fleksiyon kaybının restorasyonu için etkili bir yöntem olduğu ve daha az morbiditeye yol açtığı, median sinirin ulnar sinir üzerine fonksiyonel ve anatomik avantajlarının olduğu belirtilmiştir [109].

Bu yöntemlerin tümünde omuz abduksiyonu ya da dirsek fleksiyonu gibi değişen derecelerde iyileşme sağlansa da özellikle el fonksiyonlarının geri kazanılmasındaki başarısızlık durumu halen devam etmektedir [110-113].

2.4. Kulak Avülziyonları

Sıklıkla motorlu araç kazaları özellikle motosiklet kazası, insan veya hayvan ısırmasına bağlı meydana gelir [114, 115]. Travmatik kulak kepçesinin avülziyonlarının rekonstrüksiyonu kıkırdak dokusunun düzensiz ve benzersiz olması nedeniyle teknik ve estetik olarak zordur. Estetik olarak kulak rekonstrüksiyonu gerçekleştirmek için iki önemli yapı gereklidir. İlk olarak kulak kepçesinin inceliklerine sahip karmaşık yapıdaki çerçeve ya da çatı, ikinci olarak çatının özelliklerini dışarı aktaran ve çatıya sıkıca bağlanan ince, saçsız deri gerekir.

Avülze olan kulak parçasının küçük boyutlarda olması durumunda kompozit greft olarak kullanılabilir. McDowell tarafından 1971 yılında üst polde ve totalde aurikulanın yarasına kadar büyüklükte olan tamamen ampute olmuş kulak parçası kompozit greft şeklinde kullanılmış ve başarılı şekilde rekonstrüksiyon yapıldığı belirtilmiştir. Bu vakada kulakta iki farklı yerde çok küçük parça nekroz görülmüş ve bu bölge postauriküler flep ile kapatılmış ve daha sonra düzlüğü gidermek için sağlam kulaktan kıkırdak greft alınarak onarım gerçekleştirilmiştir.

Mladick ve arkadaşları tarafından 1971'de ilk defa postauriküler bölgeye amputatın gömülmesi şeklinde tarif edilen ve cep oluşturma prensibi (pocket

principle) denilen rekonstrüksiyon şekli tarif edilmiştir. Bu çalışmada ampute kulak derisine dermabrazyon yapılarak epidermis tamamen uzaklaştırılmış ve daha sonra postaurikuler flep kaldırılarak bir cep oluşturulmuş ve amputat normal yerine dikildikten sonra buraya gömülmüştür ve iki hafta geçtikten sonra kulak gömüldüğü yerden çıkarılmış. Ampute kulak parçası sekonder olarak iyileşmiştir [116, 117].

Baudet ve arkadaşları tarafından 1972’de avülze olan kulak parçasının posterior kısmındaki cilt perikondriuma kadar sıyrılmış ve daha sonra kıkırdak dokuda fenestrasyon sağlanarak heliks ve sağlam cilt dokusu postauriküler flebe sütüre edilmiş. İkinci seansta ise kulak parçası posterior duvardan kaldırılarak greft konulmuş. Bu yöntem daha sonra başka cerrahlar tarafından da başarılı bir şekilde kullanılmıştır [118-120].

Park ve arkadaşları tarafından 1995’te helikal rim 1 cm genişlikte, kompozit greft olarak kullanılması düşünülerek, hariç bırakılarak kulağın diğer tüm kısımları sadece kıkırdak doku kalacak şekilde soyularak uzaklaştırılmış. Posterior aurikuler arter tabanlı perforatör flep kaldırılarak kulak anteriorunu örtecek şekilde amputat yerine sütüre edildikten sonra flep inseti yapılmış. Skalp altına doğru disseksiyon yapılarak mastoid fasya kaldırılmış ve onunla kulak posterior rekonstrüksiyonu yapılmış. Bu vakanın kulak heliksi nekroz gelişmiş ve takibinde hastaya boyundan tüp flep yapılarak rekonstrüksiyon sağlanmıştır [121].

Başka bir çalışmada avülze olan aurikula parçası normal yerine dikildikten sonra posteriordan cep oluşturularak ve kaldırılan flep ilerletilerek aurikulanın sağlam olan kısmına tekrar sütüre edilmiş. İki hafta sonra posteriordan ilerletilen flep kaldırılarak avülze olan parçanın büyük bir kısmının sağlam olduğu ve lobülün olduğu yerde az bir kısım nekrozun olduğu belirtilmiş ve defekt kalan bu yerlere daha sonra kulak posteriordan lokal flepler kaldırılarak rekonstrüksiyon gerçekleştirilmiştir [122].

Mikrovaküler onarımın başarılamadığı durumlarda kulak posteriorda cep oluşturularak yapılan rekonstrüksiyon ilk olarak 1955’te bildirilmiştir. Burada kıkırdak parçası tamamen soyularak mastoid cildinin altına gömülür. Flep kaldırıldığı zaman ön yüzünü mastoid cildi oluştururken, arka yüzü için greft konulmuş [123]. Başka bir çalışmada kulağın ampute olan parçasının anterior ve posteriordaki cildi FTSG şeklinde tek parça olarak kaldırıldıktan sonra tüm yumuşak

dokular uzaklaştırıldıktan sonra pediküllü temporoparietal fascia flebi sandviç gibi cilt ile kıkırdak arasına konularak rekonstrüksiyon yapılmıştır [124].

Periaurikuler cilt flepleri ile kombine edilerek kulak replantasyonu gerçekleştirilen vakalar bildirilmiştir [125]. Myokutanöz platizma sandviç flebi kullanılarak kulak heliks kısmı hariç kulak soyularak sarılmış, belli bir süre geçtikten sonra anterioru incelterek kulak hatlarını daha açığa çıkarmak amacıyla kulak anteriordaki cilt kaldırılarak ve bunun yerine STSG konularak rekonstrüksiyon yapılmıştır [126, 127]. Temporoparietal fascia flebi kaldırılarak ve bununla kıkırdak greft sarıldıktan sonra greft konularak rekonstrüksiyon yapılan vakalar bildirilmiştir [128-130].

Avülze kulakta ilk başarılı mikrocerrahi ile replantasyon 1980’de Pennington ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir. Bu vakada motosiklet kazası sonrası total kulak ve dış kulak yolunu içine alacak şekilde kulak amputasyonu gerçekleşen hastaya bir arter ve iki ven yardımıyla rekonstrüksiyon gerçekleştirilmiş [131]. Daha sonra yapılan çalışmalarla birlikte avülziyon sonrası amputasyon gerçekleşen durumlarda mikrocerrahi ile replantasyon ilk basamak olarak kabul edilir [116, 132-134].

Lobül hariç kulağın tamamının avülze olduğu bir hastada posterior auriküler arterin küçük bir dalına anastomoz yapılmış ve uygun ven bulunamadığından ven anastomozu gerçekleştirilememiştir. İlk gün hasta üç defa arteriel yetmezlik nedeniyle reanastomoz gerçekleştirilmiş. Sülük koyma ve belli aralıklarla kanatma ile venöz konjesiyon giderilmeye çalışılmış. Hastaya heparin sistemik amaçlı intravenöz (IV) ve replante edilen parçadan delinen yerlerden kan akımının devamlılığını artırmak amacıyla subkutan olarak uygulanmış ve 150 miligram (mg) aspirin oral verilmiş. 8. günde kulakta venöz yetmezlik ile ilgili herhangi bir bulgu saptanmamış ancak transfüzyon ihtiyacı artmış. Bu durumun hastanın genel durumunda bozulmaya yol açmasını önlemek amacıyla heparin kesilmiş ve aspirin kullanılmaya devam edilmiş. Ancak sonrasında sülük koyma ve aralıklı delme işlemi devam etmesine rağmen superior polde kulak heliksinde nekroz görülmeye başlanmış ve bu kulak heliksinde tamamen nekroz ile sonuçlanmış [135].

Avülziyon yaralanması sonucu kulağın %80’inin ampute olduğu bir hastada sadece posterior auriküler arterin küçük bir dalı bulunmuş ve superfisial temporal

arter döndürülerek ikisi arasında anastomoz sağlanmış. Hiç bir ven bulunamamış ve sülük tedavisi, iv heparin, dextran, oral aspirin tedavileri başlanmış. İki hafta sonra sülük tedavisi sonlandırılınca arteriel yetmezlik gelişmiş ve replante parça tamamen kaybedilmiş. İki hafta geçmesine rağmen replante parçanın sülük ihtiyacında azalma olmamış ve bu durum özellikle posteriorda olmak üzere yeterli debridmanın yapılmamasına bağlanmış. Sadece arter anastomozu gerçekleşen vakalarda kulak posteriorundaki cildin depitelizasyonu yapılarak ve kulağın posterior duvardan destek alınması sağlanarak giderilebileceği belirtilmiştir [136].

Steffen ve arkadaşları tarafından yapılan 25 yıllık review çalışmada kulak avülziyonları tam amputasyon, parsiyel amputasyon ve geniş laserasyon olmak üzere üç kısma ayrılmış. Tedavilerde mikrocerrahi, cep oluşturma prosedürü, periaurikuler yumuşak doku flepleri ve kompozit greft olarak kullanma şeklinde sınıflandırılmıştır. Sonuçlar da tam başarı, parsiyel kayıp ve tamamen kayıp şeklinde sınıflandırılmış. Total amputasyonlarda mikrocerrahi ile tam başarı hastaların %69'unda elde edilmiş ve %11'inde tam kayıp olduğu gözlenmiş. Cep oluşturma prensibi ile %25 hastada tam başarı elde edilmiş, %25 hastada total kayıp yaşanmış. Parsiyel amputasyonu olan hastalarda mikrocerrahi ile tam başarı hastaların %4'ünde elde edilmiş ve %11'inde tam nekroz gelişmiş. Cep oluşturma yöntemiyle %60 tam başarı elde edilirken, %10 hastada tam kayıp görülmüş. Mikrocerrahi ile replantasyon yapılması avülziyon yaralanmaları için en iyi metot olduğu belirtilmiş ve cep oluşturma prensibi ve periaurikuler flep kullanılarak yapılan rekonstrüksiyonun terk edilmesi gerektiği belirtilmiştir [137].

Kulağın kendi orijinal halinin kullanılmadığı veya kulağın nekroza gittiği durumda otojen kostal kıkırdak grefti veya sentetik greft materyalleri kullanılır. Brent ve Nagata tarafından tanımlanan ve kostal kıkırdak kullanılarak çerçeve oluşmasını sağlayan prosedürler çeşitli farklılıklar gösterse de, aynı argümanlar üzerine tanımlanmışlardır [128, 138].

Kulak kıkırdak çerçevesini oluşturmak için kullanılan ikinci yol gözenekli, yoğunluğu yüksek polietilen (medpor) [139] ve daha az sıklıkla silikon [140] gibi sentetik materyaller kullanılmıştır. Sentetik implantlar otolog kostal greftlere rezorbsiyon ve deformasyon açısından daha dayanıklı olması nedeniyle alternatif olarak sunulmuştur. Bu sentetik implantların üzerinin kapatılması için sıklıkla

temporoparietal fasia flebi kullanılırken temporal myofasial ve periostal fan fleplerle rekonstrüksiyon yapılan çalışmalar mevcuttur [141]. Kullanılan bu materyaller sıklıkla enfeksiyona, erozyona, ekspozisyona ve silikon kullanan hastalarda daha belirgin olmak üzere kulakta ciddi yabancı cisim reaksiyonuna neden olduğu bildirilmiştir [140, 142, 143].

Kulak rekonstrüksiyonunda nadir olarak osseointegrated epitezler de kullanılır. Bu teknik daha basit ve operasyon süresi daha kısadır. Lokal anestezi altında bile işlem gerçekleştirilebilir. Normal olan kulak ile şekil, renk ve projeksiyon bakımından otojen rekonstrüksiyona göre daha fazla benzerlik arz etmektedir. Daha çok tümör rezeksiyonu gibi durumlar sonrasında, radyoterapi alan hastalarda veya hastanın tercihinin bu yönde olduğu durumlarda kullanılır. Günlük bakım gerekmesi, dalış, su motoru gibi su sporlarında çıkarılması gerektirmesi en önemli dezavantajları olarak kabul edilmektedir [144].

Donör saha morbiditesi yaratmadan canlı otojen kıkırdak dokusu elde etmek için doku mühendisliği gelecek için umut vaat etmektedir.

2.5. Tırnak Avülziyonları

Tırnağın travmaya maruz kalması durumunda veya cerrahi amaçla tırnak yatağından ayrılabilir. Tırnakta tamamen avülziyon yaralanması oluştuysa tırnağın tekrar tamamen parmağın üstünü örtmesi ortalama bir bireyde elde 3-6 ay ayakta 12-18 ay alır. Tırnak kaybedildikten sonra tırnak matriksindeki hücreler keratin elde ederek sertleşir ve germinal tabaka olarak adlandırılan tabakayı oluşturur. Bu tabaka da yeni tırnağı oluşturur.

Avülziyon yaralanması sonrası yatağından ayrılmış olan tırnak tekrar yerine konularak tespit edilir [145, 146]. İlk defa 1938'de Brown tarafından tırnak replantasyonu tarif edilmiştir [147]. Yaralanma sonrası tırnak yatağında parsiyel bir kayıp mevcut ise deformite kendiliğinden düzelir, ancak kaybın fazla olduğu ve iyileşme sonrası skar ihtimalinin bulunduğu durumlarda tırnak deformasyon ihtimali artmaktadır, bu durumda ayak başparmağından tırnak alındıktan sonra yataktan çok ince bir split greft alınarak rekonstrüksiyon yapılan çalışmalar mevcuttur. Greften sonra ampute tırnak parçası veya mevcut değilse plastik bir tırnak ile üzeri kapatılabilir [148]. Ogunro ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada tırnak

yatağının spontan iyileştiği belirtilmiş ve doku kaybı miktarından bağımsız olarak tırnak yatağına greft konulmasının gerekmediği belirtilmiştir [149]. Herhangi bir yerdeki tırnak yatağı avülziyonlarında ayak başparmağın lateral yüzünden tırnak yatağından tam kalınlıkta greft alınarak rekonstrüksiyon yapılan vakalar bildirilmiştir [150]. Tırnak yatağı defektlerinde yapay dermis kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilen vakalar bildirilmiştir [151]. Tırnak avülziyonları sonrası ampute tırnak ile silikonla splintlemenin karşılaştırıldığı 700 vakalık bir çalışmada kendi tırnak splinti kullanılan vakalarda enfeksiyonun deformitenin daha az olduğu belirtilmiş ve ampute tırnak parçalı ve kullanılamaz durumda olsa bile kullanmak için sonuna kadar zorlanması gerektiği belirtilmiştir [152].

Tırnak batması olan hastalar genellikle konservatif olarak tedavi edilir. Eğer konservatif tedavi ile sonuç alınamıyorsa parsiyel rezeksiyon ile cerrahi olarak avülziyon oluşturularak kalıcı ve efektif sonuç elde edilebilir. Rekürrensi önlemek amacıyla koter, %10 sodyum hidroksit veya fenol kullanılabilir [153-154]. 158 vakalık bir çalışmada tek operasyonla hastaların %63'ünde tatmin edici sonuç elde edilmiş ve %8'inde reoperasyon düşünülmüş [154]. Granülasyon dokusu ile ilişkili rekürrens olan vakalarda avülziyonu takiben CO₂ lazer ile tırnak matrisektomi gerçekleştirildiğinde kür elde etme oranının yüksek olduğu belirtilmiştir [157]. CO₂ lazer tedavisi başka bir çalışmada kısa tırnak 'pincer nail' deformitesi olan bir vakada hem avülziyon oluşturma, hem matrisektomi amacıyla kullanılmıştır [158]. Skara bağlı oluşan tırnak deformiteleri tırnak uzaklaştırıldıktan sonra alttaki dokuyla aynı seviyede olacak şekilde eksizyon yapıldıktan sonra dermal greft kullanılarak başarılı sonuç elde edildiği belirtilen yayınlar mevcuttur [159].

Trikofiton, onikomikozis gibi tırnağın mantar enfeksiyonlarında cerrahi ya da kimyasal yolla tırnak yatağı avülziyon yaralanması oluşturulduktan sonra ketakonazol gibi antifungal ilaçlar ile tedavi sağlanır [160, 161].

Onychogryphotic tırnak denilen ve ayak tırnaklarında görülen, tırnakta hiperkeratoza bağlı kalınlaşma ve tırnak kurvaturunda artma ile karakterize tırnak bozukluklarında tedavide kesin tedavi olarak cerrahi avülziyon yaralanması oluşturularak tırnak matriksinin destrüksiyonu ile elde edilir. Burada hastada kalıcı olarak tırnak kaybı yaşanır [162, 163].

2.6. Skalp Avülziyonları

Skalp avülziyon yaralanmaları genellikle uzun saçlı kişilerin dönen makinalı cihazlara saçlarının kaptırılması ile meydana gelen oldukça şiddetli yaralanmalardır [164]. Şiddetli vakalarda kaş, göz kapakları, kulaklar eşlik edebilir [1]. Ciddi vakalarda kranial kemik kırıkları veya beyin travması eşlik edebilir. Şiddetli kanama bulguları ve hemorajik şok görülebilir [165, 166].

Mikrocerrahi olarak replantasyon işleminin imkansız olduğu dönemde kompozit greft olarak kullanılması düşünülmüş, ancak çalışmaların tamamında başarısız olunmuştur. 1969 yılında vertekste geniş bir avülziyon yaralanması olan bir hastada amputatın kompozit greft şeklinde kullanılıp başarılı olduğu belirtilen bir vaka bildirilmiş. Bu vakada operasyonun başarılı olmasının nedeni amputatın iç tarafının ve başın dış tarafının kurumamasının sağlanması, bir - bir buçuk saat içinde müdahale edilmesi ve skalbin irritasyonuna neden olan kimyasal ve fiziksel etmenlerin uzaklaştırılması olarak belirtilmiştir [167].

Skalp avülziyonları klinikte nadir rastlanan ve tedavisi zor olgulardır. Skalp amputasyonlarında mikrovasküler replantasyon, teknik zorluklarına rağmen üstün estetik sonuçları, sosyal ve psikolojik avantajları nedeniyle ilk tercih olarak değerlendirilmesi gereken seçkin tedavi yöntemidir. Tedavisinde önceleri deri greftleri, kas flep transferleri, omentum flebi, anterolateral uyluk flebi (ALT) ve ekspansiyon yöntemleri sıkça kullanılmıştır. Fakat sonuçlar saç gelişimini olmaması, ülseratif yaralara neden olması ve skarlar nedeniyle hastaların beklentilerini karşılamaktan uzak kalmıştır [168-170]. 1976 yılında Miller ve arkadaşları [171] mikrocerrahi teknikle ilk kez avülze skalp replantasyonunu uygulamış ve mükemmel sonuç almışlardır. Bu çalışmadan sonra Buncke ve arkadaşları [172] Van Beek ve Zook [173] ve diğer başka yazarlar [174-176] kendi başarılı deneyimlerini sunmuşlardır ve skalp avülziyonlarında mikrocerrahi ile replantasyon günümüzde kullanılan seçkin tedavi yöntemi halini almıştır [165, 177, 177]. Ancak, ekstremitte amputasyonlarındakinin tersine kulak, burun, skalp gibi dokuların replantasyonu vasküler yapıların boyutlarının küçüklüğü ve de bunların yaralanmalarının yapısına bağlı zedelenmeleri nedeniyle, birçok mikrocerrahi kliniğinde elde edilen tecrübelerle rağmen, günümüzde halen zorluk arz etmektedir.

Skalbin ana kan akımı superfisiyel temporal ve oksipital arterden gelmektedir. Skalpte damarlar arasındaki zengin kollateral bağlantılar sayesinde tek bir arter ve ven anastomozu ile total skalp perfüzyonunun sağlanabileceği gösteren yayınlar mevcuttur [177-179]. Diğer yazarlar birden fazla damara anastomoz yapmak gerekliliğini savunmuşlardır [1, 180-183]. Hasta sayısının yeterli olmaması nedeniyle, anastomoz sayısının yeterliliği üzerinde bir çalışma yapmak ve kesin bir yargıya varmak zordur. Ancak Cheng ve arkadaşları 20 olgudan oluşan serilerinde çoklu damar anastomozları ile daha iyi sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır [165].

Özkan ve arkadaşları tarafından bir kadın hastanın patoz makinasına saçlarını kaptırması sonucu ense bölgesi hariç, saçlı derinin tamamına yakını, sol kulak, tüm alın, her iki kaş ile üst göz kapaklarını içeren tam bir amputasyon olgusunda her iki taraf superfisyal temporal arter ve vene interpozisyonel ven greftleri yardımıyla anastomoz yapılmış ve sonrasında diğer tüm alanların kanlanması iyi olduğu gözlenmesine rağmen kulakta arteriel yetmezlik tespit edilmiş ve interpozisyonel ven greftleri ile aynı taraf fasyal arter ve vene anastomoz yapılmıştır. Ciltteki bütünlük bozulmamasına rağmen dolaşım yetmezliğindeki sorun, kulak ile cilt arasındaki multiple kesilerin varlığı veya subkutan dokuda damar yaralanması ihtimaline bağlanmıştır. 6 yıllık takibinde hastanın kaşlarını kaldırma gibi frontal kas özelliklerinin ve skalp duyusunun geri kazanıldığı izlenmiştir. Özellikle üzerinde multiple kesiler ve dermabrazyon gibi zedelenmeler bulunan skalplerde parsiyel nekrozlarda kaçınmak için birden fazla anastomoza ihtiyaç olabileceği ve ampute parçanın tamamının yaşatılabilmesi için elden gelen tüm çaba sarf edilerek sekonder defisitlerden kaçınılabileceği belirtilmiştir [1].

Cheng ve arkadaşları tarafından bildirilen ve toplam 20 hasta ile en geniş mikrocerrahi ile replante edilmiş seri olan çalışmada 18 hastada total skalp amputasyonu izlenmiştir. Hastaların 8'inde bir kulağın da dahil olduğu, 4'ünde kaş ve göz kapaklarının da dahil olduğu izlenmiştir. 16 hastada tam başarı elde edilirken 3 hastada şiddetli yaralanma nedeniyle parsiyel kayıp ve bir hastada total kayıp izlenmiştir. Hastaların tamamında uzun saçların hareketli makineye kaptırılması sonrası olduğu belirtilmiştir [165].

İlk başlarda gerçekleştirilen replantasyonlarda superfisial temporal ve occipital damarlar olmak üzere bir kaç adet damar onarımı yapılmıştır. Daha sonra Nahai ve

arkadaşları tarafından totale yakın skalp ve sağ taraf kulak ve o seviyeden mandibula angulusuna kadar uzanan avülziyon yaralanmasında tek arter ve tek ven anastomozu sağlanarak başarılı bir şekilde rekonstrüksiyon gerçekleştirilmiştir [174]. Wilhelmi ve ark tarafından total skalp, alın, bir taraf kulak ve yanak, kaşlar, göz kapakları, burun ve üst dudağı içeren bir olguda tek bir arter ve ven kullanılarak başarılı bir şekilde replantasyon gerçekleştirilmiştir. Bu vakada alın, burun ve yanakta konjesyon görülmüş ve sülük tedavisi ile giderilmeye çalışılmıştır. 7. günde venöz konjesyon bulguları artmış ve anastomoz yapılan tarafın karşı kısmında laserasyon gerçekleşmiştir. Bu durum sülük tedavisine bağlanmış ve hasta tekrar operasyona alınarak sol superfisial ven anastomozu da gerçekleştirilmiştir. Kapaklardaki göz açma hareketleri ve gülme gibi durumdaki kas fonksiyonlarının postoperatif 4. ayda geri kazanıldığı görülmüştür [179].

Bilateral hemopnomotoraks varlığı, servikal bölgede multiple fraktürler nedeniyle boyunluk takılması gibi nedenlerle totale yakın avülze olan cilt ektopik olarak alt abdomen bölgeye replantasyon planlanmış ve skalp abdomen bölgedeki derin inferiyor epigastrik damarlar ve superfisial epigastrik ve sirkümfleks iliak venlere anastomoz sağlanmış. Operasyon sırasında cildin kıvrılmasına bağlı olarak oluşan venöz konjesyon durumları sık sık pozisyon değiştirme durumları ile giderilmiş. 6 gün sonra skalp normal yerine taşınmış ve damarların uzunluğuna artırmak için interpozisyonel ven greftleri kullanılmış. Ödem nedeniyle stür hatlarının tamamı kapatılamamış Halo cihazı takılırken oksipital venin zarar görmesi nedeniyle flepte sonradan oksipital bölgede nekroza görülmüş [166].

Sonuç olarak skalpteki avülziyonlara kaş, alın, yüz ve kulak dahil olabilir. Tedavide ilk basamak hemorajik şok ve servikal kırıklar gibi hayatı tehdit eden durumların varlığının tespit edilmesi ve bu sorunların giderilmesi; ikinci basamak gerektiği kadar debridman yapmak, ven greftlerinin kullanılması ile hem yeteri kadar avülze damarın eksizyonu gerçekleştirilebilir ve hem de damarın anastomozun gergin olması engellenir. Anastomoz için mümkünse temporal damarların bulunup anastomoz yapılması uygun olur; üçüncü basamak olarak operasyon süresini kısa tutmaya çalışmak bu esnada oluşabilecek kan kaybını göz önünde bulundurmadır. Mikrocerrahi ile replantasyon saç uzamasının doğal olduğu, skalbin duyusunun geri kazanıldığı, kaş kaldırma gibi frontal kas fonksiyonlarının geri kazanıldığı, estetik

görünüm ve psikolojik açıdan diğer tüm yöntemlere üstün olduğu belirtilmiştir [1, 165]. Bunun başarılmadığı durumlarda skalp rekonstrüksiyonun diğer seçenekleri kullanılabilir.

İntraoperatif ve postoperatif takipte özellikle oksipital bölgede immobilizasyona bağlı oluşan dekübit ülserlerini önlemek ve flep stabilizasyonunu sağlamak amacıyla Halo çerçeve veya Halo yelek baş halkası kullanılabilir [184, 185].

2.7. Diş Avülziyonları

Diş avülziyonları diş hekimliğinin acil girişim gerektiren hastalılar grubunu oluşturur. Avülziyon parsiyel olarak pulpanın ayrılması ya da total olarak dişin alveoler kemiğe oturduğu soketinden ayrılması şeklinde olabilir. Avülziyon yaralanmalarına süt dişlerinde daimi dişlere göre daha sık rastlanmaktadır. Bunun nedenleri, alveol kemiğin süt dişlenme döneminde daha yumuşak ve süngerimsi karakterde olması ve daimi dişlere göre daha kısa olan süt dişi köklerinin fizyolojik rezorbsiyonla daha da kısalarak tutuculuğunun azalmasıdır [186].

Kalıcı dişlerde meydana gelen avülziyon yaralanmalarının etyolojisinde sıklıkla kavga ve spor yaralanmaları yer alırken, süt dişlerinde başlıca neden sert objelerin üzerine düşülmesidir [187, 188]. Kalıcı dişlerde avülziyon yaralanması olması halinde diş hekimleri tarafından diş tekrar yerine konularak stabilize edilebilir. Süt dişleri enfeksiyona meyilli oldukları için replase edildiklerinde alttaki kalıcı diş büyümesini etkileyebilirler bu yüzden replantasyonu sağlanmaz. Tamamen avülze olan dişler bir saat içinde replante edilmeleri halinde tutma ihtimalleri yüksektir. Uzun dönemde tutma oranları zamanla ters orantılı olarak zaman artıka azalır. Avülze süt keserlerin replantasyonu kökün soket içine yerleştirilmesi sırasında gelişebilecek hasarın önlenmesi açısından önerilmemektedir. Daimi dişlerde meydana gelen avülziyon yaralanmalarında ise tam bir iyileşme elde edebilmek için dişin bir an önce soketine yerleştirilmesi yani replante edilmesi gereklidir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda avülse dişin uygun bir ortamda saklanarak en kısa sürede replante edilmek üzere diş hekimine ulaştırılması gerekir. Kuru veya uygun olmayan ortamda uzun süre bekletilen dişlerde iyileşme olumsuz yönde etkilenir. Ayrıca, dişin saklanma koşullarının yanında periodontal ligamentte meydana gelen

hasarın derecesi ve dişin kök geleişim seviyesi de iyileşmeyi etkileyen faktörlerdir. Kök rezorbsiyonu replantasyonu imkansız hale getirmektedir [189, 190].

Replantasyon sağlandıktan sonra immobilizasyon için gerçekleştirilen splint uygulamalarında önemli olan husus travma geçiren dişin fizyolojik hareketlerine splintin izin vermesidir. Fizyolojik hareketler periodontal ligamentteki kan akımını ve venöz dönüşü sağlayarak revaskülarizasyonu teşvik eder. Bunun tersine tam hareketsizlik, fibroblastlar üzerinde katabolik etki yapar, kollajen kitlesi azalır ve iyileşmeyi engeller. Bu nedenle, esnek splintlerle splintleme, avülsiyon olgularında kullanılabilir en uygun splintleme metodu olduğu belirtilmiştir[192].

Tamamen kopan dişlerde kök rezorbsiyonunu azaltmak için dışarda süt veya serum sıvısı içinde bekletilmelidir [191].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Deney Hayvanları Bakım ve Kullanım Kurulu izni ve onayı alınarak yapılmıştır.

Deney hayvanı olarak, Akdeniz Üniversitesi Deney Hayvanları Birimi tarafından temin edilen ve ağırlıkları 300-330 gram arasında değişen 30 adet erkek wistar albino rat cinsi kullanıldı.

Cerrahi işlem, hayvan tartıldıktan sonra genel anestezi uygulanarak yapıldı. Genel anestezi sağlamak amacıyla ratlara 35 mg/kg xylazine ve 10 mg/kg ketamin intraperitoneal olarak verildi. Cerrahi işlem sırasında ihtiyaç duyulan ratlarda intramüsküler olarak ek doz ketamin ve xylazine yapıldı.

Ratlarda inguinal ligament ile yüzeysel epigastrik damarlar arasındaki damar ve sinir yapıları korunarak cilt, kas dokusu ve kemik o bölgeden kesilerek tamamen serbestleştirildi. Ratın sağ bacağı tarafımızca geliştirilen modelin çekme koluna takılarak 1 mm/sn hızla çekildi.

Çalışmada toplam 30 adet hayvan kullanıldı. Altı adet hayvan pilot çalışma için kullanıldıktan sonra grupların nasıl oluşturulacağı kararlaştırıldı. Hayvanlar her grupta 6 rat olacak şekilde random olarak dört gruba ayrıldılar.

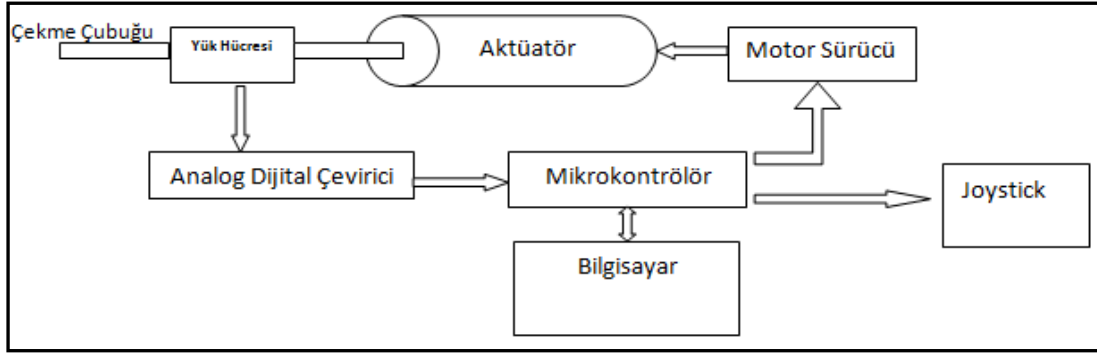
3.1. Avülziyon Modeli

Yük hücresi, kuvvet altındaki deformasyonu elektriksel bir sinyale çeviren elemanlardır. Elektronik tartı gibi dijital olarak kuvvetin ölçüleceği sistemlerde kullanılır. Uygulanan kuvvetin bilgisayara kaydedildiği bu çalışmada da kuvvet ölçümü almak için yük hücresi kullanılmıştır.

Motorun dönme hareketini, doğrusal harekete dönüştüren aktüatör adlı cihazlar mühendislik uygulamalarında itme ve çekme hareketi gerektiren birçok sistemde kullanılır. Bu çalışmada kurulum ve kontrol kolaylığı sağladığı için çekme işlemini gerçekleştirmek amacıyla elektrikli aktüatör kullanılmıştır.

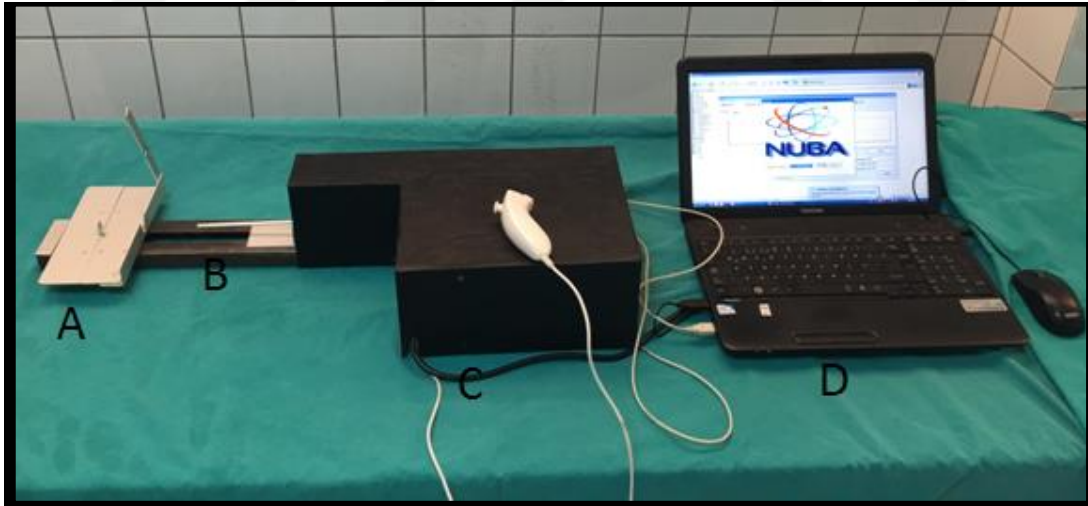
Yük hücresi, motor sürücü, joystick (kontrol çubuğu) gibi çevre elemanlarının koordineli çalışmasını, bu çevre elemanları ile bilgisayar arasındaki veri akışını sağlamak amacıyla bir mikrokontrolör devresi kullanılmış ve bu amaca yönelik bir yazılım hazırlanarak mikrokontrolöre yüklenmiştir



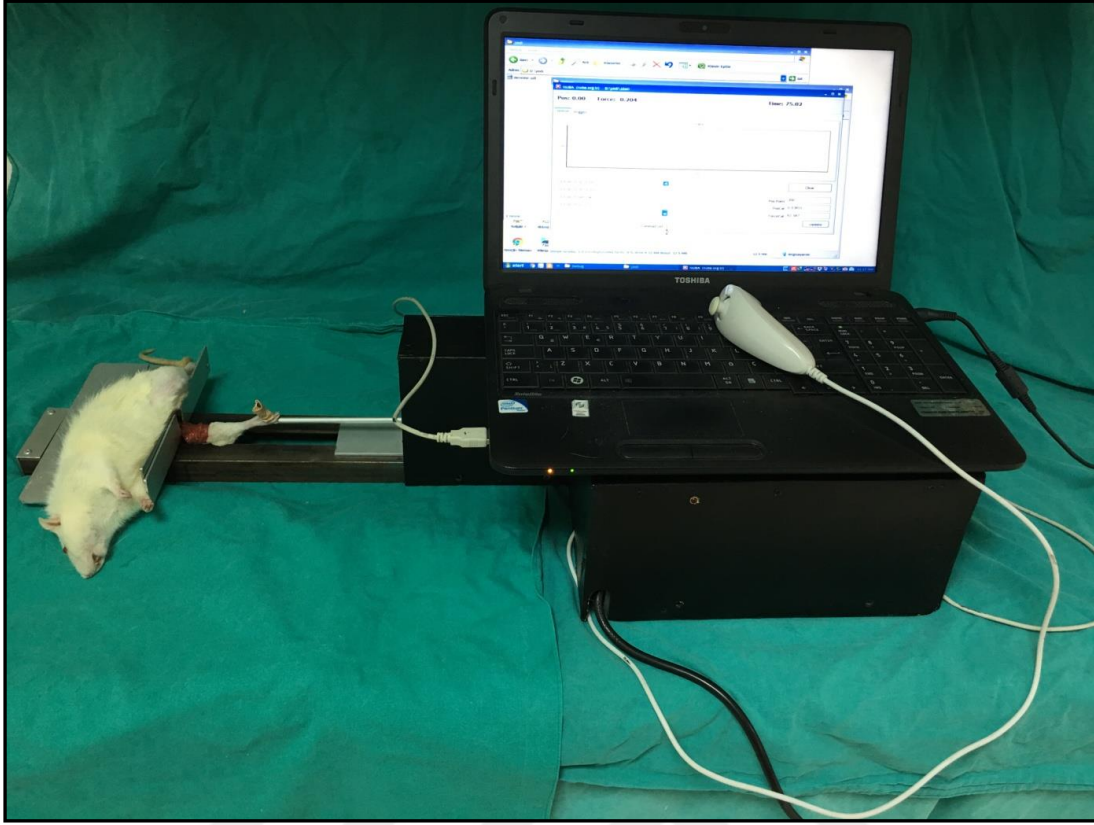


Şekil 3.1. Sistemin şematik gösterimi ve çalışma yapısı.

Hareketi sağlayan aktüatöre bağlı yük hücresinin çıkış gerilimi, çekme çubuğu üzerine uygulanan kuvvete bağlı olarak değişmektedir. Bu gerilim değeri Analog Dijital Çevirici sayesinde mikrokontrolöre iletilir. Mikrokontrolör bu veriyi bir normalizasyon sabiti ile çarparak elde ettiği kuvvet verisini, aktüatörün encoder'ından gelen konum verisi ile birlikte bilgisayara iletir. Bilgisayar bu verileri kaydederken anlık olarak konum-kuvvet grafiğini ekrana çizer. Mikrokontrolöre bağlı joystick hareketi tetiklerken çekme hızının ayarlanmasına da imkan verir.



Resim 3.1. Sistemin hazırlandıktan sonraki hali görülmektedir. **A:** Ratın yerleştirildiği ve uzaklığının ayarlanabildiği bölüm; **B:** Çekme çubuğu; **C:** Load cell (yük hücreleri, motor sürücü, mikrokontrolör gibi sistemin diğer elemanlarının bulunduğu kapalı alan); **D:** Bir yazılım aracılığıyla verilerin ve uygulanan kuvvetin gösterildiği bilgisayar sistemi.



Resim 3.2. Ratın sağ ekstremitesinde sadece nörovasküler bundler kalacak şekilde tüm dokular uzaklaştırıldıktan sonra ayarlanabilir bölmenin üzerine konulduktan sonra ekstremitesi oluktan dışarı çıkarılarak üzeri kapanmış hali görülmektedir. Burada sistem tarafından ekstremitte çekilirken kuvvet yol eğrisi bilgisayar üzerine aktarılacaktır.

3.2. Pilot Çalışma (n=6)

Ratlar kafeslerinden çıkarılarak tartıldıktan sonra gerekli doz ketamin ve xylazin hesaplanarak intraperitoneal enjeksiyon ile genel anestezi sağlandı. Ayak ve kulak sıkıştırma yöntemleri uygulanarak anestezinin derinliğinin yeterli olduğu tespit edildi. Her iki bacak tamamen çepeçevre tıraş edildi. Ratlar ameliyat masasına alındı. Uyluk üzerinde insizyon yapılacak alan işaretlendi. Uyluk anterior bölgesinden cilt insizyona başlandı. Yüzeysel epigastrik damar bulununca pannikulus karnosus ile birlikte distal tarafta kalacak şekilde insizyona devam edildi. Femoral arter, ven ve sinir paketi bulunarak disseke edildi. İnguinal ligament ile yüzeysel epigastrik damarlar arası kısım disseke edildi. Karşılaşılan tüm dallar koterize edildi. Disseksiyon edilen bölgenin altına denk gelecek şekilde tüm yumuşak dokular kesildikten sonra kemik dokuya osteotom yapıldı. Mikroskop altında bakılarak

damar sinir paketi dışındaki tüm yapıların uzaklaştırıldığından emin olunarak çekme işlemi sırasında sadece damar sinir paketinin incelenmesi amaçlandı. Mikroskop altında bakılırken yapılar gerildikten sonra yanlış yorum yapmamak için iki ratta sinir ve vene ve bir ratta arter, ven ve sinirin üçüne de 6.0 vikril dikiş sıkmayacak şekilde konuldu. Diğer üç ratta işlem stürla işaret koymadan yapıldı. Rat modelde kendisi için ayrılan bölümde sırtüstü pozisyonunda yerleştirildi. Ratın serbestleştirilen ekstremitesi oluktan/delikten çıkarılarak modelin çekme aparatına bağlandı. Daha sonra ekstremita 1mm/s hız ile çekilmeye başlandı. Bu esnada mikroskop altından bakılarak kopma sırası ve bu esnada bilgisayara aktarılan kuvvet yol eğrisi arasındaki ilişki değerlendirildi. Ekstremita tamamen kopana kadar işleme devam edildi. İşlemi biten rata yüksek doz ketamin ve xylazin ile ötenazi işlemi gerçekleştirildi.



Resim 3.3. Tüm dokular uzaklaştırıldıktan sonra sadece nörovasküler paketin kaldığı görülmektedir.

Pilot çalışmanın sonucuna göre oluşan kuvvet eğrisinin artışında dört farklı yerde kuvvette düşme olduğu gözlemlendi. Kuvvet eğrisinde düşmeye neden olan yapıların sıralamasının histopatolojik olarak da tespit edilmesi amacıyla her grupta 6 rat olacak şekilde ratlar rastgele dört gruba ayrıldı.

3.3. Grup 1 (n=6)

Bu gruptaki ratlar anestezi işlemleri, sıçanın ağırlığının ölçümü, operasyon bölgesi hazırlığı, ameliyat masasına alınarak femoral arter, ven ve sinir paketi bulunarak korunması ve diğer tüm yapıların uzaklaştırılması pilot çalışmada kullanılan ratlar gibi yapıldı. Rat modelin rat için ayrılan bölmesine konularak ekstremiteler çıkarılarak çekme koluna bağlandı ve 1 mm/sn hızla sabit olarak çekildi. Mikroskop altında bakılarak ve bilgisayardan da takip edilerek kuvvet yol eğrisinde kuvvette düşmenin olmadığından emin olunarak 0,19 newton'luk kuvvete kadar çekme işlemi yapıldı ve 0.19 newtonluk kuvvet görüldüğü anda işlem durdurulup, çekme kolu hemen geri alınarak işlem sonlandırıldı. Proksimal ve distalden kas yapılarını da alacak şekilde parça alınarak asetat parçasının üzerine konuldu. Her iki uçtan tespit edilerek patoloji için örneklem yapılacak yer belirlendi. İşlemi biten rata yüksek doz ketamin ve xylazin ile ötenazi işlemi gerçekleştirildi.

3.4. Grup 2 (n=6)

Bu gruptaki ratlar bir önceki gruptaki ratlarda geçen tüm aşamaları geçtikten sonra ekstremiteler çekilmesi esnasında mikroskop altında bakılarak ve bilgisayardan da takip edilerek kuvvetten düşmenin ilk olduğu yerde işlem durdurulup çekme kolu hemen geri alınarak işlem sonlandırıldı. Proksimal ve distalden kas yapılarını da alacak şekilde parça alınarak asetat parçasının üzerine konuldu. Her iki uçtan tespit edilerek patoloji için örneklem yapılacak yer belirlendi. İşlemi biten rata yüksek doz ketamin ve xylazin ile ötenazi işlemi gerçekleştirildi.

3.5. Grup 3 (n=6)

Bu gruptaki ratlar bir önceki gruptaki ratlarda geçen tüm aşamaları geçtikten sonra ekstremitte çekilmesi esnasında mikroskop altında bakılarak ve bilgisayardan da takip edilerek kuvvetten düşmenin olduğu ikinci yerde işlem durdurulup çekme kolu hemen geri alınarak işlem sonlandırıldı. Proksimal ve distalden kas yapılarını da alacak şekildi parça alınarak asetat parçasının üzerine konuldu. Her iki uçtan tespit edilerek patoloji için örneklem yapılacak yer belirlendi. İşlemi biten rata yüksek doz ketamin ve xylazin ile ötenazi işlemi gerçekleştirildi.



Resim 3.4. Nörovasküler paketteki fibroz doku ve arterin koptuktan sonra sadece ven ve sinirin görüldüğü grup 3' teki görüntü.

3.6. Grup 4 (n=6)

Bu gruptaki ratlar bir önceki gruptaki ratlarda geçen tüm aşamaları geçtikten sonra ekstremitte çekilmesi esnasında mikroskop altında bakılarak ve bilgisayardan da takip edilerek kuvvetten düşmenin olduğu üçüncü yerde işlem durdurulup çekme kolu hemen geri alınarak işlem sonlandırıldı. Proksimal ve distalden kas yapılarını da alacak şekildi parça alınarak asetat parçasının üzerine konuldu. Her iki uçtan tespit edilerek patoloji için örneklem yapılacak yer belirlendi. İşlemi biten rata yüksek doz ketamin ve xylazin ile ötenazi işlemi gerçekleştirildi.



Resim 3.5. Fibröz doku, arter ve venin koptuğu ve sadece sinirin intakt olduğu görüntü grup 4'ten bir görüntü

4. BULGULAR

4.1. Pilot Çalışma

Sadece nörovasküler paketin sağlam bırakıldığı ve bunun dışındaki tüm yapıların kesildiği ratın arka sağ ekstremitesi sabit hızla çekilirken mikroskop altında da kontrol edildi. Sabit hızla çekme esnasında kuvvetin büyüklüğü gittikçe artarken nörovasküler paketteki bağ dokusu epinöryum ve damarların adventisiasındaki gerim kuvveti eşik kuvveti aşınca bu yapılarda kopmayla sonuçlandı ve kuvvetin eğrisinde hem düşme tespit edildi hem de mikroskop altında bu durum çıplak göz ile izlendi. Bu kuvvet altı ratın ortalaması olarak hesaplandığında 2.68 (en düşük 2.30 en yüksek 2.99) newton olarak bulundu. Kuvvet eğrisinde düşmenin ilk görüldüğü dönemde hiç bir ratta damar ve sinirde avülziyona bağlı kopma yaşanmadı. Ve Grup 1'deki çalışma bu eğrinin öncesine ve Grup 2'deki çalışma bu düşme eğrisinin olduğu yere denk gelecek şekilde ayarlanma yapılarak oluşturuldu.

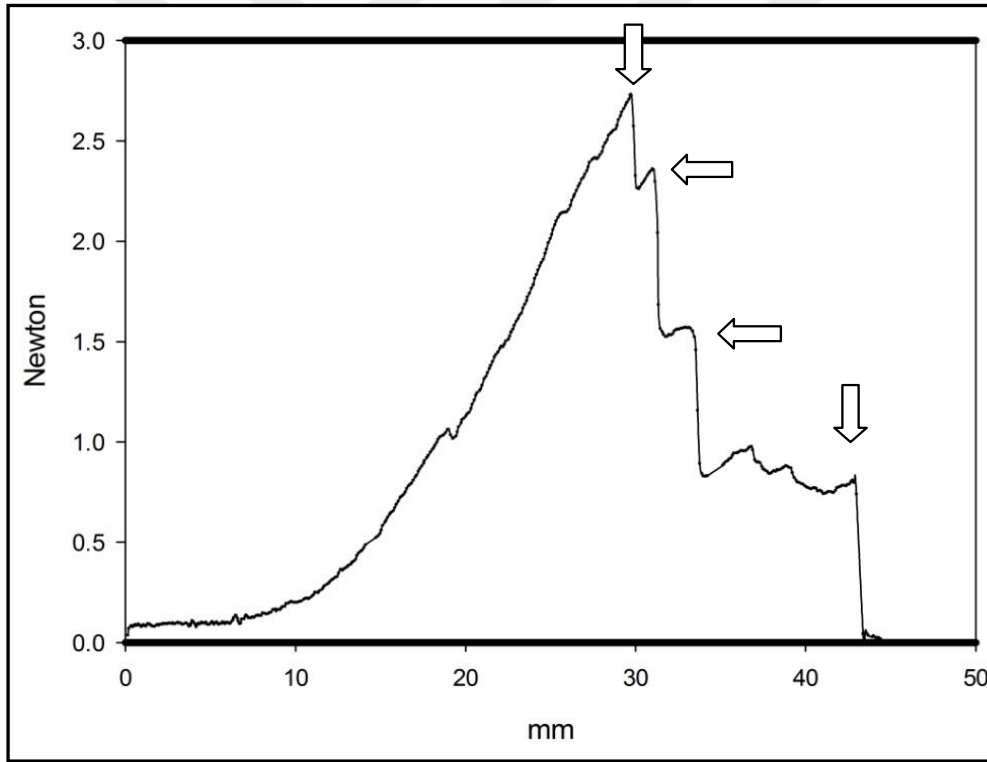
Kuvvet eğrisinde ikinci düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 1.53 ile 2.37 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 2.03 newtona denk gelmektedir. Burada hayvanların beşinde arter koparken geriye kalan bir ratta venin koptuğu görüldü. Grup 3'deki ratlar için bu seviye belirlendi.

Kuvvet eğrisinde üçüncü düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 0.38 ile 0.82 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 0.63 newtona denk gelmektedir. Burada hayvanların beşinde ven koparken geriye kalan bir ratta arterin koptuğu görüldü.

Kuvvet eğrisinde dördüncü ve son düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 0.10 ile 0.54 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 0.29 newtona denk gelmektedir. Burada hayvanların tümünde sinir en sona kalarak en son kopan yapı olarak tespit edildi.

Tablo 4.1. Pilot çalışmada her bir yapıda kopma esnasındaki kuvvetlerin tablosu.

No	Kuvvette ilk azalma (Newton)	Kuvvette 2. azalma (Newton)	Kuvvette 3. azalma (Newton)	Tam kopma (Newton)
1	2,84	2,37	0,78	0,40
2	2,60	1,53	0,82	0,49
3	2,71	2,37	0,78	0,15
4	2,65	1,83	0,47	0,11
5	2,99	2,01	0,38	0,10
6	2,30	2,12	0,73	0,54



Grafik 4.1. Pilot çalışmada rat ekstremitesi sabit hızla çekilirken bir ratta oluşan kuvvet yol eğrisi.

4.2. Grup 1

Altı adet hayvanın tamamı aynı kuvvete kadar çekildikten sonra işlem sonlandırılarak preparatlar patolojiye gönderildi. Bu işlem esnasında mikroskopta ve kuvvet eğrisinde de takip edilerek kuvvette düşmenin yaşanmadığından emin olundu.

Tablo 4.2. Grup 1’deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu.

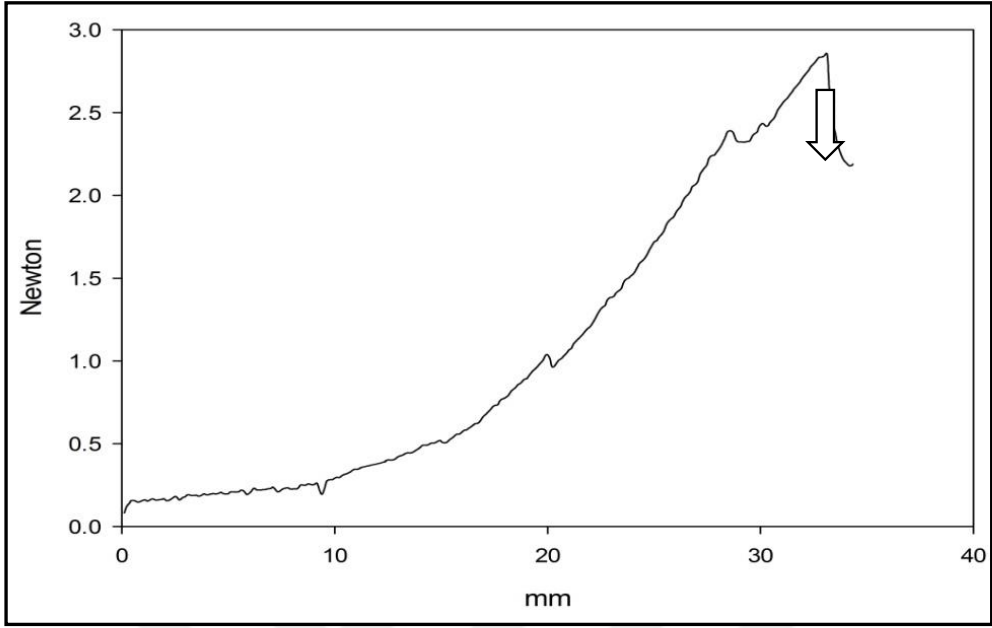
No	Uygulanan Kuvvet (Newton)
1	0,19
2	0,19
3	0,19
4	0,19
5	0,19
6	0,19

4.3. Grup 2

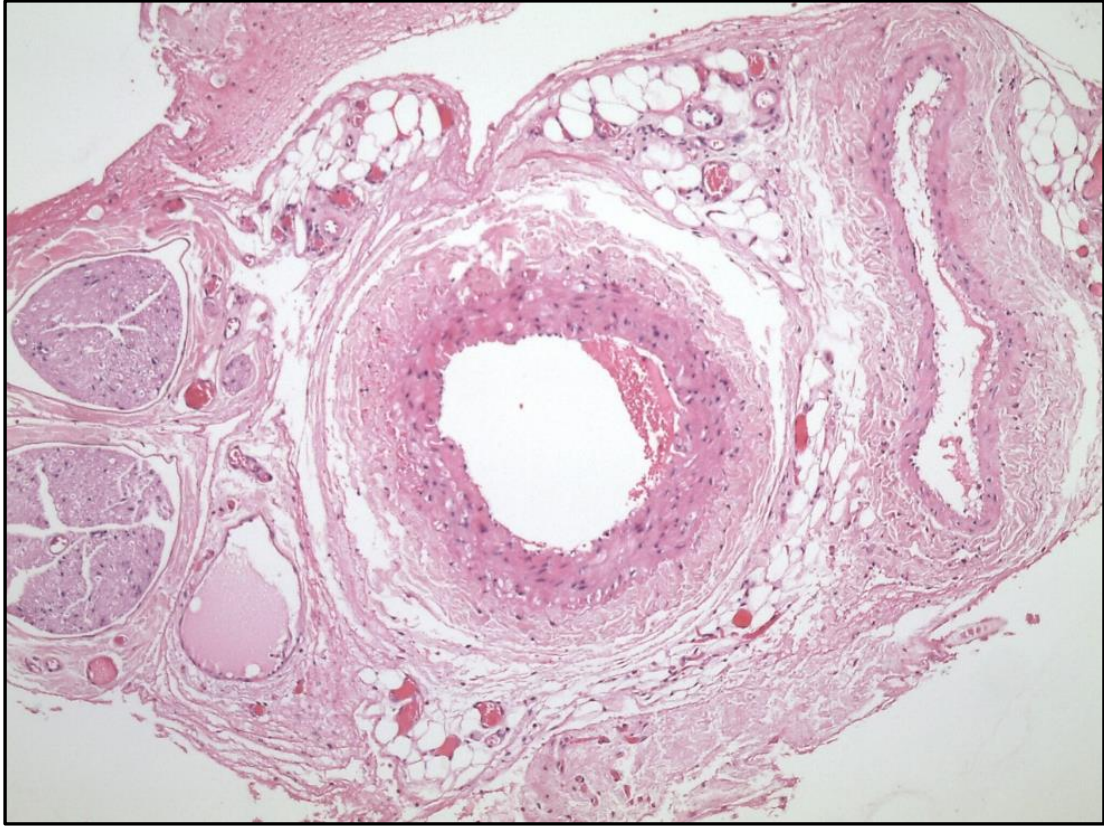
Sabit hızla ekstremitenin çekilmesi esnasında kuvvetin büyüklüğü gittikçe artarken nörovasküler paketteki bağ dokusu epinöryum ve damarların adventisyasındaki gerim kuvveti eşik kuvveti aşınca bu yapılarda kopmayla sonuçlandı ve kuvvetin eğrisinde hem düşme tespit edildi hem de mikroskop altında bu durum bakılarak kopan yapılar görüldü. Bu kuvvet altı ratın ortalaması olarak hesaplandığında 2.84 (en düşük 2.32, en yüksek 2.65) newton olarak bulundu. Kuvvet eğrisinde düşmenin ilk görüldüğü dönemde hiç bir ratta damar ve sinirde avülzyona bağlı kopma yaşanmadı.

Tablo 4.3. Grup 2’deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu.

No	Kuvvette ilk azalma (Newton)
1	3,32
2	2,80
3	2,72
4	2,65
5	2,85
6	2,70



Grafik 4.2. Grup 2'deki ratların birinde elde edilen kuvvet eğrisi.



Şekil 4.1. Grup 2'de arter, ven ve sinir görülmektedir.

4.4. Grup 3

Sabit hızla ekstremitenin çekilmesi esnasında kuvvetin büyüklüğü gittikçe artarken nörovasküler paketteki bağ dokusu epinöryum ve damarların adventisiyasındaki gerim kuvveti eşik kuvveti aşınca bu yapılarda kopmayla sonuçlandı ve kuvvetin eğrisinde hem düşme tespit edildi hem de mikroskop altında bakılarak kopan yapıların tespit edilmeye çalışıldı. Bu kuvvet altı ratın ortalaması olarak hesaplandığında 2.79(en düşük 2.60 en yüksek 3.12) newton olarak bulundu. Kuvvet eğrisinde düşmenin ilk görüldüğü dönemde hiç bir ratta damar ve sinirde avülziyona bağlı kopma yaşanmadı.

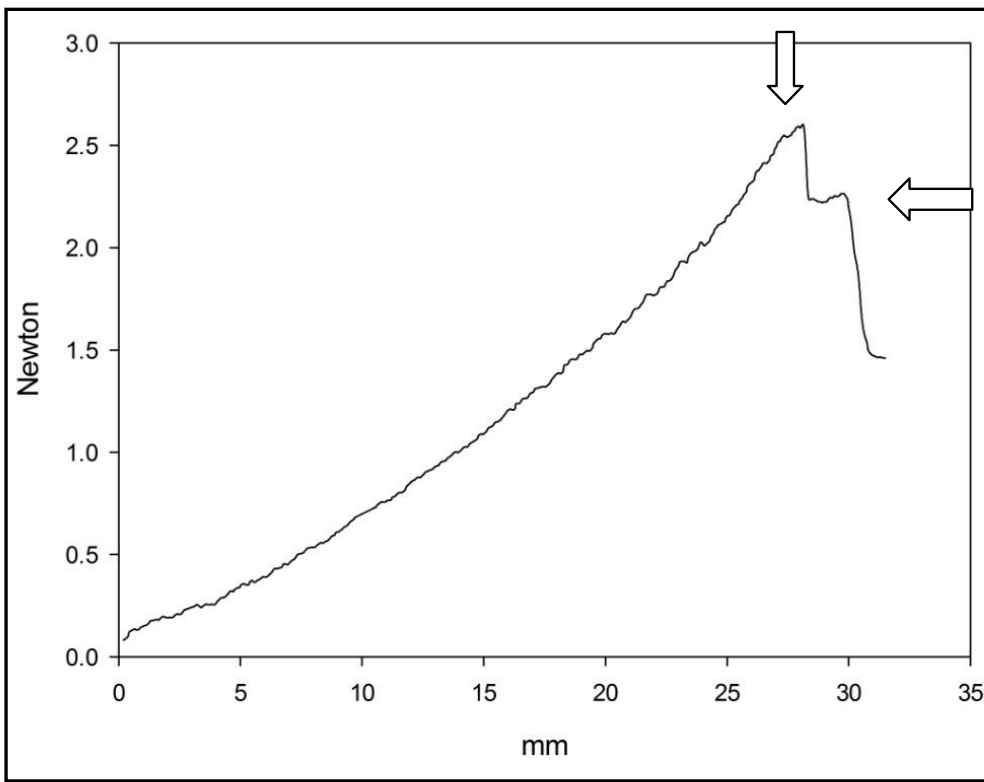
Kuvvet eğrisinde ikinci düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 1.53 ile 2.17 newton arasındaki değışmekteydi ve bu da ortalama olarak 1.96 newtona denk gelmektedir. Burada hayvanların beşinde arter koparken geriye kalan bir ratta tekrar venin koptuğu görüldü.



Şekil 4.2. Grup 3'te sadece sinir ve ven görülmektedir.

Tablo 4.4. Grup 3’deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu.

No	Kuvvette ilk azalma (Newton)	Kuvvette 2. azalma (Newton)
1	3,12	2,20
2	2,60	2,02
3	2,90	1,53
4	2,73	1,87
5	2,82	2,00
6	2,62	2,17



Grafik 4.3. Grup 3’deki ratların birinde elde edilen kuvvet eğrisi.

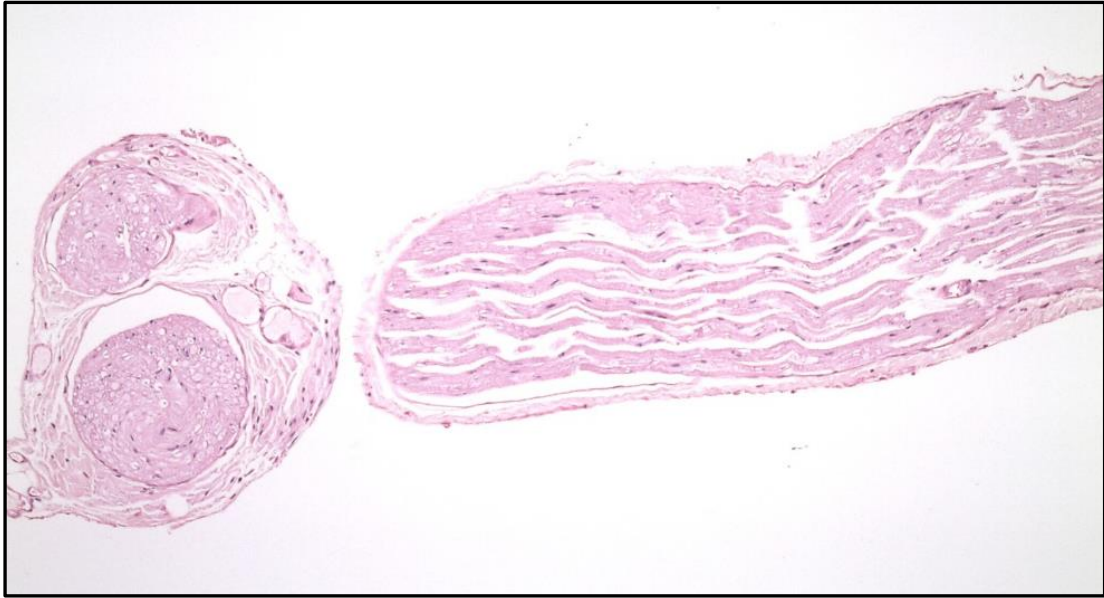
4.5. Grup 4

Sabit hızla ratın ekstremitesi çekilirken çekme esnasında kuvvetin büyüklüğü gittikçe artarken nörovasküler paketteki bağ dokusu epinöryum ve damarların adventisiyasındaki gerim kuvveti eşik kuvveti aşınca bu yapılarda kopmayla sonuçlandı ve kuvvetin eğrisinde hem düşme tespit edildi hem de mikroskop altında bakılarak kopan yapılar tespit edilmeye çalışıldı. Bu kuvvet altı ratın ortalaması

olarak hesaplandığında 2.73 (en düşük 2.40 en yüksek 3.05) newton olarak bulundu. Kuvvet eğrisinde düşmenin ilk görüldüğü dönemde hiç bir ratta damar ve sinirde avülziyona bağlı kopma yaşanmadı.

Kuvvet eğrisinde ikinci düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 1.76 ile 2.36 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 2.07 newtona denk gelmektedir. Burada hayvanların tamamında önce arterin koptuğu belirlendi.

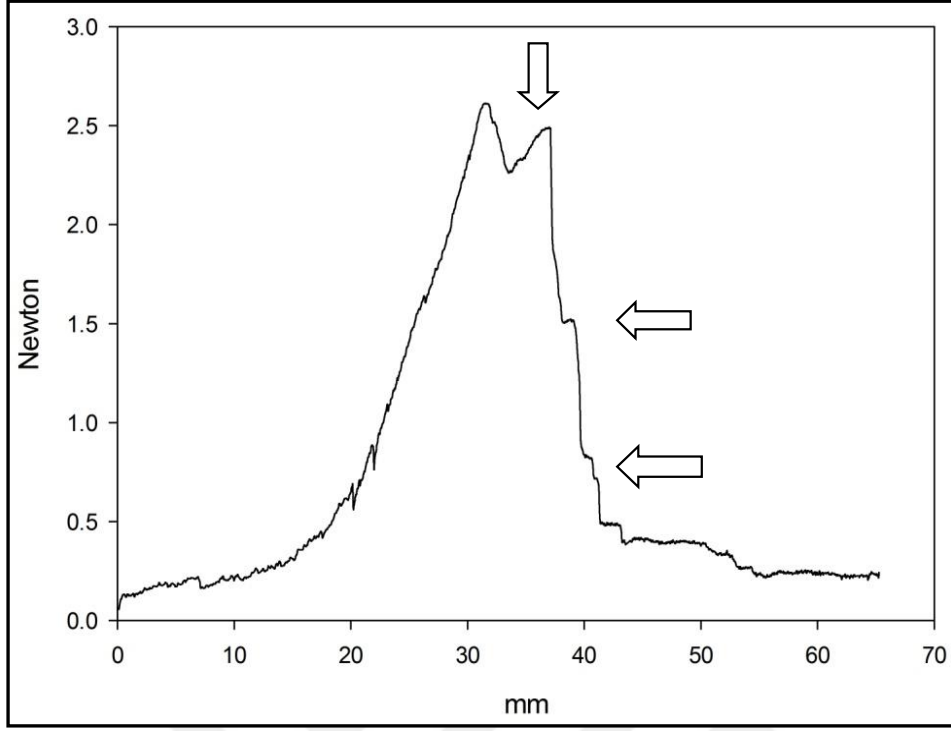
Kuvvet eğrisinde üçüncü düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 0.45 ile 0.85 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 0.65 newtona denk gelmektedir. Burada kopan yapıların tamamının ven olduğu tespit edildi.



Şekil 4.3. Grup 4'te sadece sinir görülmektedir.

Tablo 4.5. Grup 4'deki ratlarda uygulanan kuvvet tablosu.

No	Kuvvette ilk azalma (Newton)	Kuvvette 2. azalma (Newton)	Kuvvette 3. azalma (Newton)
1	2,99	2,15	0,77
2	2,40	2,13	0,50
3	2,62	1,76	0,65
4	2,93	2,36	0,68
5	3,05	2,05	0,85
6	2,40	2,01	0,45



Grafik 4.4. Grup 4'deki ratların birinde oluşan kuvvet eğrisi.

Kuvvet eğrisinde ilk düşmenin tespit edildiği 24 rattan elde edilen değerler 2.30 ile 3.12 arasındadır ve aritmetik ortalaması 2.76 olarak hesaplandı.

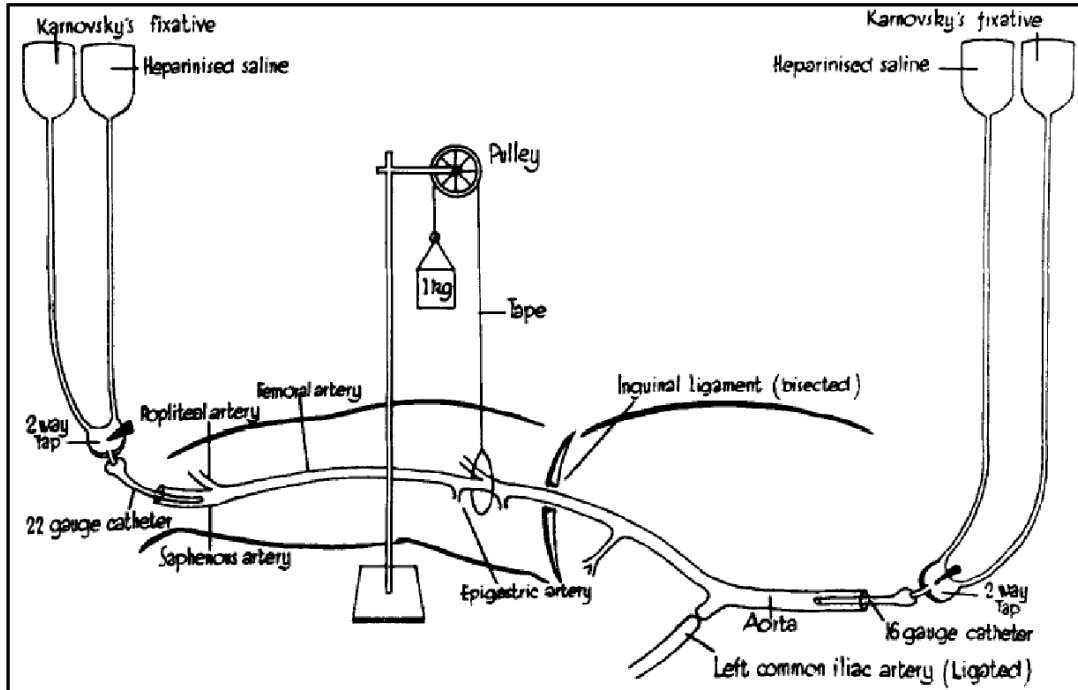
Toplam 18 rattaki kuvvet eğrisinde ikinci düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 1.53 ile 2.37 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 2.07 newtona denk gelmektedir. Burda hayvanların 16'sında arter koparken geriye kalan 2 ratta venin koptuğu görüldü.

Kuvvet eğrisinde üçüncü düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 0.38 ile 0.85 newton arasındaki değişmekteydi ve bu da ortalama olarak 0.64 newtona denk gelmektedir.

5. TARTIŞMA

5.1. Direkt Damarlarda Avülziyon Yaralanması Oluşturulması

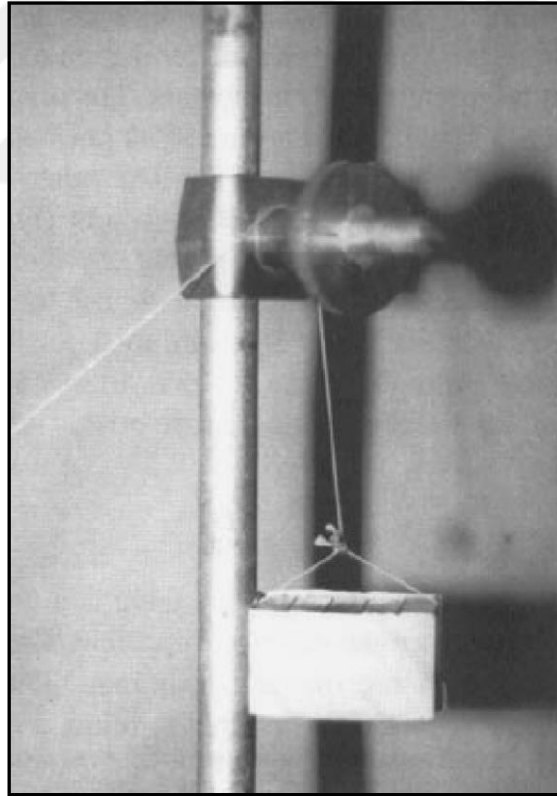
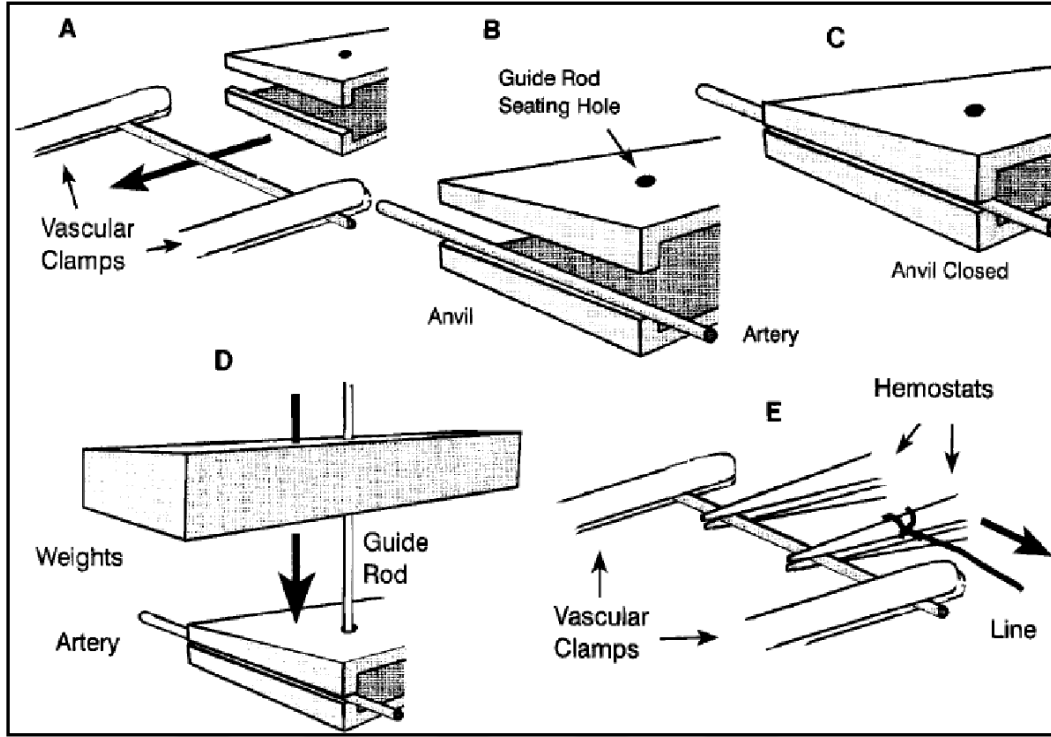
Mitchell ve ark. tavşan arter ve veninde deneysel avülziyon yaralanmasının patolojisi ve derecesi ile ilgili yapılan çalışmada alt abdomen, kasık ve sağ uylukta insizyon yapılmış. Aorta ve femoral damarlar bulunarak disseke edilmiş, sol common iliac arter ve sakral arter bağlanmış ve daha sonra popliteaya kadar tüm dallar bağlanmış. Diz bölgesinde saphen arter bulunarak 22 gauge'lık kanül yerleştirilmiş. Renal arter bölgesinde 16 gauge'lık kanül yerleştirilmiş. Femoral bölgede epigastik arterin çıktığı yerde arter destek dokudan serbestleştirilerek bir naylon bant geçirilmiş ve pulley sistemi yardımıyla arter vertikal olarak 1 kg'lık ağırlık yardımıyla çekilerek avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmış. Ağırlığın bırakılması ile rüptür hemen oluşmuş. Daha sonra heparinize serum sıvısı ile her iki uçtan yaklaşık 3 dakika perfüzyon sağlanarak tüm kan hücreleri uzaklaştırılmış. Karnovsky's fixative (Karnovsky, 1965) ile yaklaşık 15 dk perfüzyon yapılarak tespit edilmesi sağlanmış. Daha sonra aynı işlem vende avülziyon yaralanması oluşturmak amacıyla yapılmış.



Şekil 5.1. Avülze tavşan femoral arter ve veninin şematik olarak gösterilmesi; proksimalden ve distalden rüptüre doğru perfüzyonunun gösterilmesi [193].

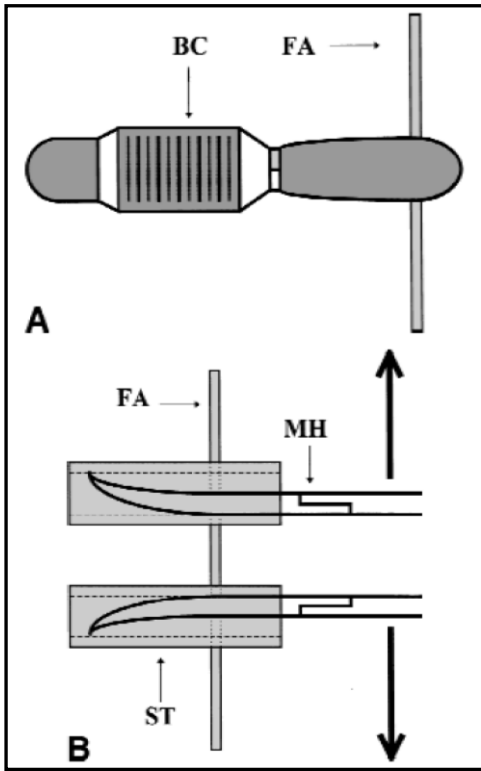
Cooley ve ark. tarafından 1985'te deneysel lokal crush ve avülziyon yaralanmalarını takiben mikrovasküler onarımı araştırmak için yaptıkları çalışmada ratın inguinal ligament ile superfisial epigastrik bifürkasyonu arasında femoral arter etraf dokudan disseke edilerek serbestleştirilmiş. İki moskitonun ucuna maske bandı 3 kat geçirildikten sonra artere konularak kapatılmış ve sonrasında klempler proksimal ve distal yönlerde aniden çekilerek crush avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmıştır [5].

1993 yılında Rooks ve ark tarafından rat crush-avülziyon femoral arter yaralanması modelinin geliştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmada rat femoral damarları inguinal ligamentten 2-3 cm kadar distale kadar iskeletelize edilerek Cooley modelinden esinlenerek geliştirdikleri model ile Weck Louisville microvascular klempler arterin iskeletelize olan en proksimal ve en distaline konulmuştur. Klempler anastomoz yapılana kadar yerinde bırakılmıştır. Arter 2 ile 10 cm arasındaki platforma yerleştirilerek üst platform ile kapatılmıştır. Platformda delik açılarak yol göstermek (guide) amacıyla bir rod geçirilmiş. 400 g ağırlık 7.5 cm yükseklikten yer çekiminin de etkisiyle serbest bırakılarak damarların mengene gibi sıkışması sağlanmıştır. Arterde rush yaralanma sağlandıktan sonra iki hemostat klemp ile arter murfy dalının her iki yanına ve daha önce konulan mikrovasküler klemplerin arasına gelecek şekilde orta noktadan tutturulmuş ve distalde kalan hemostat klempinin bir tarafına ip bağlanarak makara üzerinde 1.5 cm yükseklikten düşecek şekilde 120 g ağırlık bağlanmıştır. Burada bağlanan ip femoral artere paralel olacak şekilde hareket edilmesi sağlanarak hareket halinde proksimaldeki klemp tutularak diğer kısımlar sabit tutulmuştur (şekil 5.2).



Şekil 5.2. Rooks ve ark. tarafından geliştirilen crush yaralanma modeli, altta ise aynı çalışmada crush yaralanma sonrası avülzyon yaralanması oluşturmak için oluşturulan sistem [194].

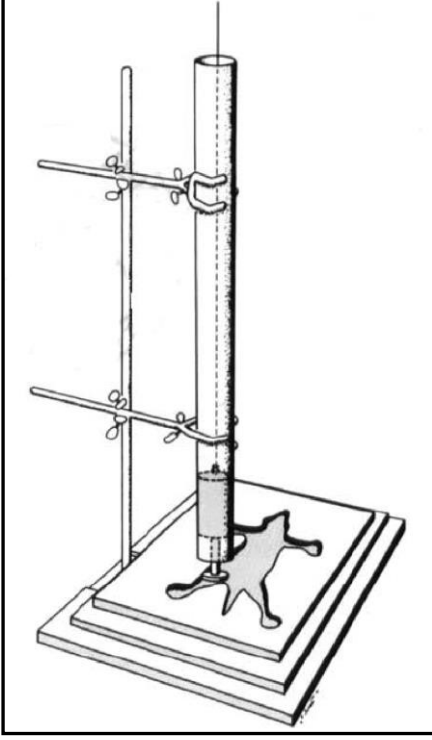
1999 yılında Lykoudis ve arkadaşları tarafından rekombinant human tissue-type plasminogen activator (rt-PA) kullanılarak femoral arterde oluşturulan avülziyon yaralanması üzerine etkisi ölçülmüştür. Bu çalışmada arterde avülziyon yaralanmasını tetiklemesi için Dieffenbach's klemp ile eksplere edilen femoral arter orta bölgeden tutturulmuş ve 30 dk bekledikten sonra aniden çekilerek kaldırılmıştır ve iki moskitoya silikon geçirilerek Cooley ve ark'nın yaptığı gibi arter iki uçtan tutturulmuş ve klep kapatıldıktan sonra çekilerek avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.3. A-B: Avülziyon yaralanması bölgesi; BC, bulldog vascular clamp; MH, mosquito hemostat; ST, silicon tube; FA, femoral arter.

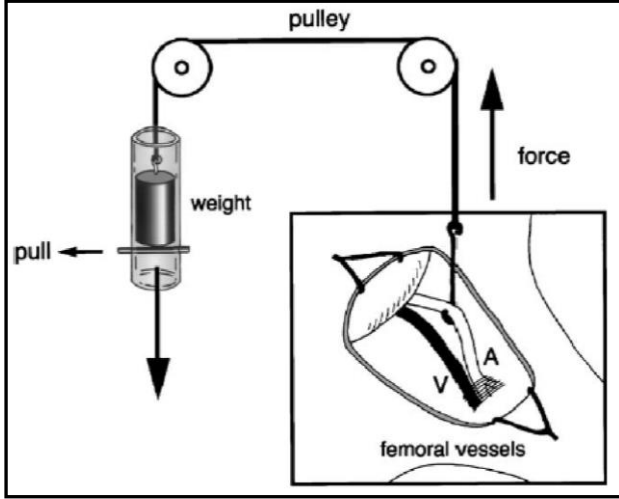
Karlander ve arkadaşları tarafından femoral bölge damarlarının şiddetli kontüzyonlarının etkisi ile ilgili yapılan çalışmada ratlar sırtüstü pozisyonunda platforma yatırıldıktan sonra her bir bacak lastik bir bant ile platforma tutturulmuş. Femoral bölgedeki damarlar palpe edilerek palpasyonun hissedildiği alana dik olacak şekilde alüminyum bir tüp konularak bu şekilde sabitleştirilmiş ve içinden rahatça hareket edecek ve sağa sola çarpmayacak şekilde 750 g ağırlığında bir silindirik tüp konulmuş ve bu tüpün uç kısımları kör yaralanmaya neden olması amaçlanarak ucu

düzleştirilmiş. 26 cm yükseklikten bu ağırlık bırakıldığında 0.68 N/cm^2 'lik kuvvet ile yaralanma oluşturulmuş ve burada yapılan pilot çalışmada 26 cm'nin üzerindeki yüksekliklerde ağırlık bırakıldığında femoral kemik fraktürlerine rastlandığı belirtilmiştir.

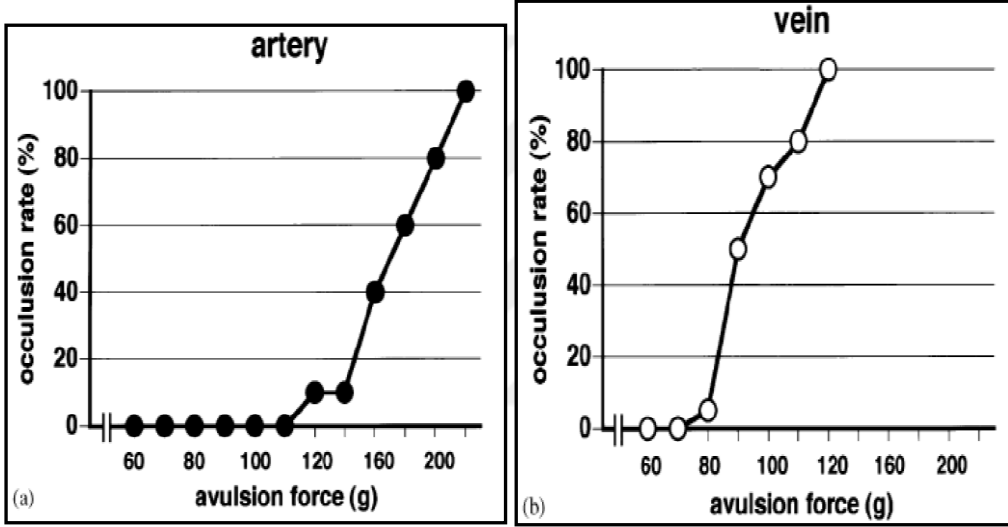


Şekil 5.4. Karlender ve ark tarafından oluşturulan damarlarda crush yaralanma oluşturma modelinin şematik olarak gösterilmesi [195].

Rat damarlarında avülzyon yaralanmaları sonrası intercellular adhesion molecule-1 (ICAM-1)'inin değişen ifadesi ve tromboz üzerine İsogai ve ark. tarafından yapılan çalışmada rat femoral arter ve ven eksplere edildikten sonra damarın eksplere olan kısmının orta noktasından kabloya bağlanmış bir hook yerleştirilmiş. İki makara sisteminin üzerinden kablo geçirilerek kablonun ucuna arterde 70 ya da 110 g ve vende 70 g ağırlıklar asılmış. Ağırlık serbest bırakıldığında dik yönde kuvvet uygulanması sağlanarak hookun her iki tarafındaki damar yapısı yataktan ayrılması sağlanmıştır. Bu işlem on defa tekrarlandıktan sonra hook alınmıştır.



Şekil 5.6. Yerçekimi etkisiyle asılan ağırlık aşağı doğru düştüğünde damarda traksiyona neden olur [43].



Şekil 5.7. Trombotik oklüzyon oranları (a) arterlerin (b) venlerin y eksenini kapanan damarların; a eksenini avülziyon kuvvetlerini göstermektedir.

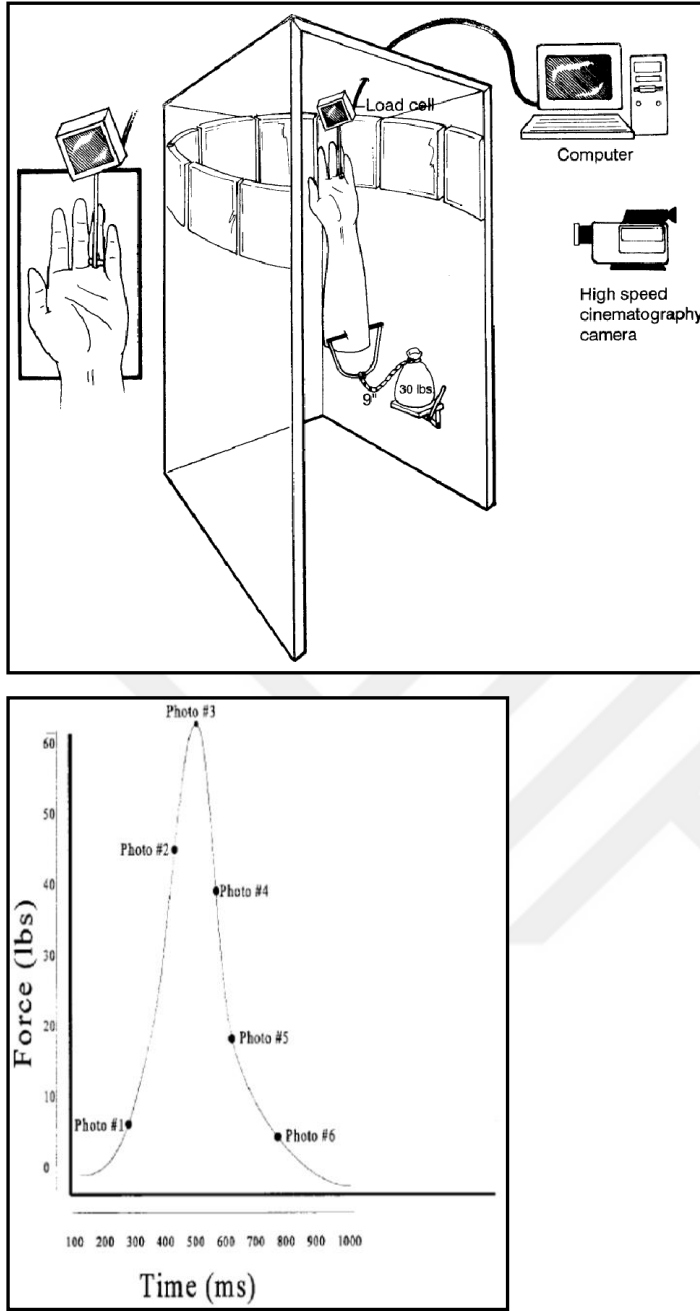
Bu çalışmada 120 g kuvvetin altındaki kuvvetlerde arterde oluşturulmak istenen avülziyon yaralanmasının oluşmadığı ve bu kuvvet artırıldığında avülziyon yaralanması gerçekleşme oranının arttığı ve 220 g'da bu oranın %100'e ulaştığı belirtilmiştir. Buna karşılık vendeki oklüzyonların 80 g'da başladığı ve 120 g'da %100'e ulaştığı belirtilmiştir. Trombüs oluşumu ise arterde 120 g'ın, vende 80 g'ın altında da oluştuğu gözlemlendi. Kuvvet arttıkça intima ve tunika mediadaki hasarın da arttığı belirtilmiştir[43].

Damarlarda avülziyon yaralanması oluşturulurken kullanılan modeller ya mosquitolar ile çekilerek kopma sağlanmıştır ya da damar ip ile asılarak ve işlem tekrarlanarak damarda avülziyon yaralanması oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu model kullanılarak istenen kuvvette ve hızda ve istenen düzeyde avülziyon yaralanması

oluşturulabilir. Örnek olarak damarın avülziyona bağlı olarak kopması istenirse bu noktaya kadar kuvvet artırılabilir veya altındaki bir kuvvete kadar artırılarak bu derecede bir avülziyon yaralanması oluşturulabilir.

5.2. Deneysel Cilt Degloving Modelleri

Kadavrada ring avülziyon yaralanmalarının biyomekaniğini araştırmak amacıyla yapılan çalışmada 2 ve 6 mm genişliğindeki yüzükler kadavraların tüm parmaklarının proksimal falankslarına uyacak şekilde tasarlanarak yapılmış ve yüzük giydirildikten sonra bir hook yardımıyla ring avülziyon mekanizmasını taklit etmesi amacıyla palmar taraftan asılmış. Ulnanın proksimaline 66 kg ağırlığında bağlanarak bu ağırlık 23 cm yükseklikten düşmesi sağlanmış. Yaralanma aşamaları yüksek hızlı sinematografi (Tungsten ASA 160 film, 1,250 frames/s, Eastman Kodak, Rochester, NY; Fastac W171004 35-mm camera, Wollensac, New York, NY) ile değerlendirilmiş. Parmakların arkasına açılı ayna konularak parmağın 360 derece görülmesi sağlanmış. Sürekli kuvvet ölçümleri load cell (yük hücreleri) (Interface SM 1000 Force Cell, Scottsdale, AZ; Nicolet model 206, Digital Recording Oscilloscope, Tektronix, Wilsonville, OR) ile kayıt altına alınmış. Kuvvette düz ve progressiv artış cilt kopması esnasında elde edilmiş ve cildin kalan kısımları kopana kadar kuvvetteki yükseklik (peak değeri) devam etmiş.



Şekil 5.5. Kupfer ve ark tarafından oluşturulan model üstte ve altta aynı çalışmada elde edilen kuvvet zaman eğrisi [196].

Vasküler yaralanmanın derecesi ve antitrombotik ajanların bu tip yaralanmalarda anastomoz hattındaki pıhtı oluşmasını engellemedeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur ancak açık kalma oranları %0-100 arasında değişmektedir [5, 194, 195, 197-199].

Cilt deneysel degloving yaralanmaları oluşturmak için çok az sayıda model tanımlanmıştır. 1978 Kurata ve ark tarafından ratın degloving yaralanmalarında

mikrovasküler onarımı araştırmak için ratın dizden 3 cm yukardan ratın uyluğundan insizyon yapılarak ayak bileğine kadar çekilmiş ve büyük safen arter ve venin cilde direk verdiği dallar ile mikrovasküler olarak onarılmış [200].

Pentoksifilinin deneysel degloving yaralanmaları üzerine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ratın kuyruğunun orta noktasında 11 numaralı bisturi ile sirküler kesi oluşturulduktan sonra ortalama bir kuvvet ile distale doğru yaklaşık 3 cm çekilmiş. 15 dk beklendikten sonra cilt tekrar orijinal yerine getirilerek suture edilmiş [7, 9].

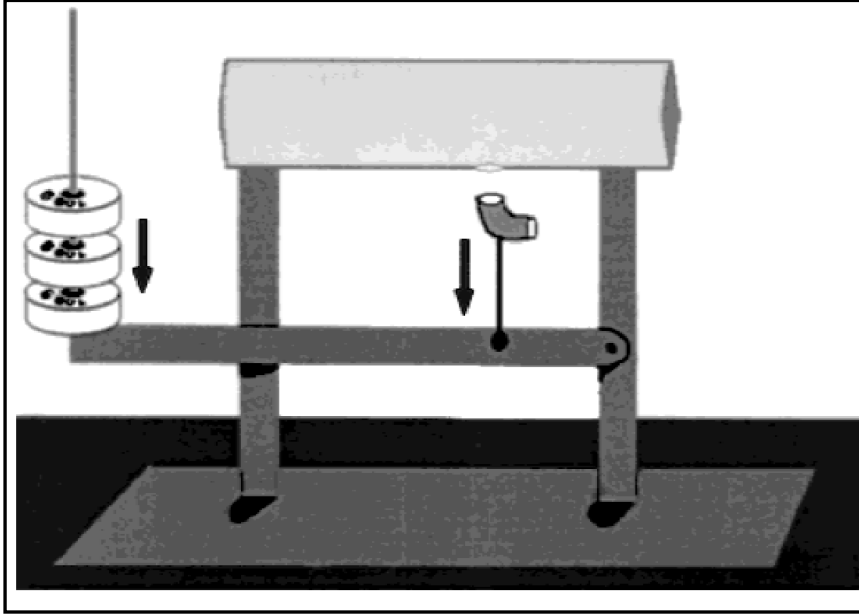
Avölze flebin yaşayabilirliğini artırmada allopurinol ve pentoxifyllinenin etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada ratın sağ arka ekstremitesinde cilt ve cilt altı doku sirküler olarak kesildikten sonra dört adet klemp ile insizyon yapılan yerin distalinde kalan parçanın ön, arka, iç yan ve dış yandan araları eşit olacak şekilde tutturulmuş ve güçlü bir şekilde distale doğru ayak bileğine kadar çekilmiş. 5 dk bekledikten sonra flep eski yerine taşınarak tekrar suture edilmiş [8].

Yukardaki örneklerden de anlaşılaçağı gibi şimdiye kadarki degloving yaralanması oluşturulan çalışmaların çoğunda kuyruk ya da ekstremitede insizyonu takiben distale doğru parmak veya mosqitolar ile çekilmiş ve çekilme işlemi ortalama bir kuvvet ve hız ile yapıldığı belirtilmiştir. Bu model ile oluşturulacak degloving yaralanmalarında kuvvet ve hız gibi parametreler belirlenerek aynı çalışmadaki hayvanlar arası sapmalar önenebilir.

5.3. Deneysel Brakial Pleksus Avülziyon Modelleri

Sinir dokusunda deneysel avülziyon oluşturmak için çeşitli modeller tanımlanmıştır. Rat sırtüstü pozisyonunda scalen kaslar ayrılarak brakial pleksus bulunmuş ve mikrohemostat forsepsler ile hafif şiddette çekilerek ekstravertebral avülziyon gerçekleştirilmiş [10-12, 201].

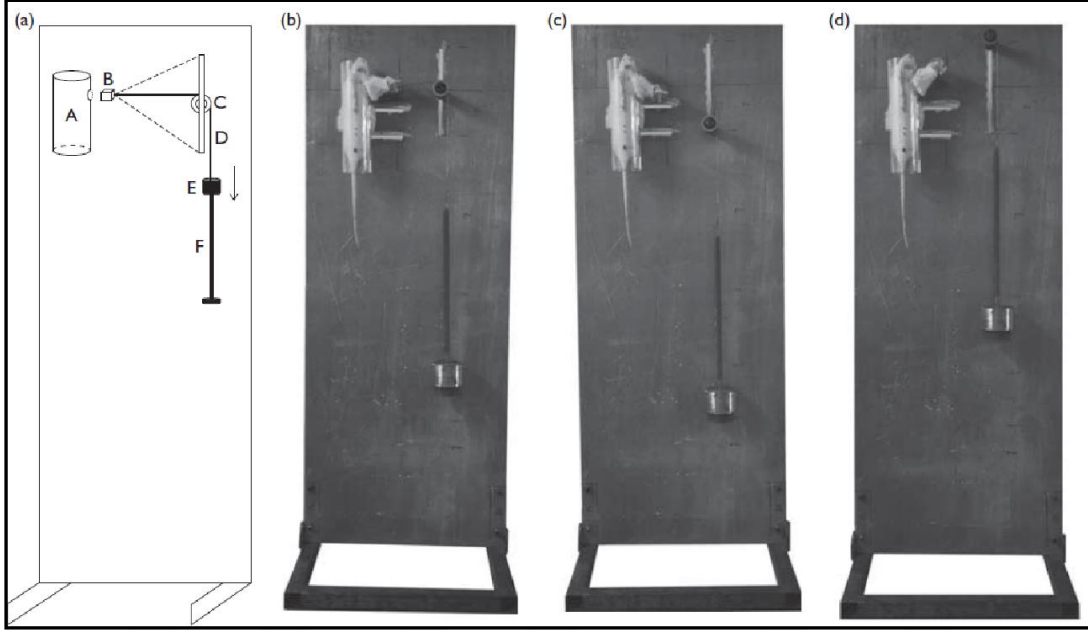
Spinner ve ark tarafından noninvaziv brakial pleksus yaralanması oluşturmak için model geliştirilmiş bu çalışmada ratlar özel olarak tasarlanmış 6 cm çaplı silindir tüpün içine sağ tarafına yatacak şekilde yatay pozisyonunda yatırılmış. Sağ ön ayak 3.3x2.5 cm'lik oval delikten dışarı doğru çıkarılmış ve kendi eksenine 90 derece olacak şekilde tutulmuş. Dirseğe özel olarak tasarlanmış metal manşet geçirilerek sıkıca tutturulmuş ve 278 g ağırlık 30 cm yükseklikten bırakılarak avülziyon yaralanması oluşturulmuş.



Şekil 5.8. Rat tüpün içine yerleştirilerek ön ayak delikten çıkarılmış ve metal kol yardımıyla sıkıca bağlandıktan sonra lever kol denilen parçaya bağlanmış, destek noktasının uzağına da ağırlıklar konularak düşmesi sağlanmış [13].

Deneysel brakial pleksus avülziyon yaralanmasını oluşturmak amacıyla yapılan bir modelde 5 cm çapında özel tasarlanmış silindirin için bir rat dik pozisyonunda yerleştirilmiş. Tüpün yan tarafında 2 cm çaplı bir delik açılarak ratın ön ayağı bu delikten dışarı çıkarılmış. Dirsek özel tasarlanmış metal manşonun içine sokularak

elik tel ile makara sisteminin üzerinden ağırlığa bağlanmış. Değişik derecelerde her rata uygun metal manşon yapılmış. Makara sistemi aşağı ya da yukarı doğru taşınarak traksiyon kuvvetlerinin açısı için değiştirilebilir özellik katılmış. 30 cm yükseklikten ağırlık bırakılarak metal zemine arpına kadar müsaade edilmiş.



şekil 5.9. (a) modelin parçalarının dizayn edilmiş şekli, A: tp; B: metal manşet; C: makara; D: tel; E: ağırlık; F: gayd rod. **(b-d)** Ratlar dik pozisyonda silindir tüpün içine yerleştirilmiş. Silindirin kenarından delik açılarak n ayağın çekilmiş ve makara aşağı yukarı doğru hareket edilerek 30, 90, 150 derecede traksiyon kuvvetinin yönünün değiştirilmesi [202].

Bizim tarafımızca geliştirilen bu model ile noninvaziv brakial pleksus avülziyon yaralanması oluşturulmak istendiğinde ratın n ekstremitesi sabit tutularak aynı açıda aynı kuvvet rahatlıkla uygulanarak oluşturulabilir. İnvaziv bir yol tercih edildiğinde ise cerrahi olarak sinirler explore edildikten sonra tekrar modele bağlanarak aynı açıda aynı kuvvet uygulanarak oluşturulabilir.

Sonuç olarak herhangi bir sinir dokusunda avülziyon yaralanması oluşturulmak istendiğinde bu model ile hız sabit tutularak istenilen açıda ve nihai kuvvette sinir avülziyon yaralanması oluşturulabilir.

6. SONUÇ

Flep tarzı cilt avülziyonlarında veya degloving tarzı yaralanma durumlarında kuvvetin direkt paket üzerine etkisinin bulunmadığı durumlarda yani kuvvetin pakete paralel olarak uzanım gösterdiği durumlarda ilk avülze olan yapının arter olma ihtimalinin yüksek olduğu söylenebilir. Tam amputasyonla sonuçlanmayan, revaskülarizasyonun sağlanamadığı ve medikal ajanların faydalı olabileceği avülziyon yaralanmalarında, medikasyon sağlanırken arteriyel etkileri ön planda olan antitrombotik ajanların kullanılması gerektiği sonucu çıkarılabilir. Ancak damarlarda tam kopma olmadan da oluşan avülziyon yaralanmasında aynı durumun söz konusu olup olmadığı ve hangi kuvvetten itibaren avülziyon yaralanmasının geri dönüşümsüz olup olmadığı ile ilgili bir çalışma, bundan sonra benzer çalışmaların konusu olabilir. Bu çalışmada ekstremitelerde kullanıldığı ve osteotomi yapıldığı için avülziyon yaralanmasında damarlar tamamen koptuktan sonra iyileşmenin imkansızlaştığı mı, yoksa öncesindeki herhangi bir kuvvette geri dönüşümsüz yaralanmanın gerçekleştiği mi ile ilgili durum belirlenemedi.

Bu modelde hız, açı ve kuvvet gibi değişkenler sabit tutularak standart bir çalışma yapılabilir. Özellikle arter veya vende yapılacak herhangi bir çalışmada avülziyon yaralanmasını oluşturan kuvvet ve hız sabit tutularak ratlar arası sapmalar en aza indirilebilir. Çalışılan hayvan grupları arasındaki değişkenler sabit tutularak standardizasyon yapıldığında daha objektif sonuçlar elde edilebilir.

24 rattan elde edilen kuvvet eğrisinde ilk düşmenin tespit edildiği değerler 2.30 ile 3.12 newton gibi geniş bir aralık üzerinde değişmekteydi. Toplam 18 rattaki kuvvet eğrisinde ikinci düşmenin yaşandığı andaki kuvvetler 1.53 ile 2.37 newton arasında değişmekteydi ve bu aralık da oldukça geniş bir aralıktır. Deneysel çalışmalarda avülziyon yaralanması oluşturulurken aynı kuvvete kadar kuvvet artırımının yapılması yerine kuvvet eğrisinde değişiklik göz önünde bulundurularak uygulama yapılabilir.

Bu modelin en önemli dezavantajı deneysel avülziyon yaralanması oluşturulurken çekme kuvvetinin ani olmaması ve modelin hızı artırıldığı zaman hassaslaştırma işleminde azalma görülmesidir. Bu model baz alınarak ve daha fazla hassaslaştırma yapılarak işlemin ani olması sağlanabilir.

Bu model; damarlarda avülziyon yaralanması oluşturulmasında kullanılabildiği gibi deneysel brakial sinir avülziyon yaralanması, cilt degloving yaralanması ve diğer bölgelerin avülziyon yaralanması oluşturulmasında da kullanılabilen, deney sonuçlarını güvenilir kılan, hassasiyetin artırılması ile birlikte gelecekte ümit vaat eden bir yöntem olduğu söylenebilir.



7. ÖZET

Damarlarda Avülziyon Yaralanmaları Oluşturmak İçin Yeni Bir Deneysel Model Geliştirilmesi

Avülziyon yaralanması cilt travmalarında çok sık karşılaşmakla birlikte diğer dokularda da görülmektedir. Deneysel çalışmalarda arter ve vende avülziyon yaralanması oluşturmak amacıyla kullanılan crush-avülziyon modelleri ile nicel veri elde etme imkanı mevcut değildir.

Tarafımızca geliştirilen model, kuvvet altındaki deformasyonu elektriksel bir sinyale çeviren yük hücresi kullanılarak oluşturuldu. Sistem, motorun dönme hareketini doğrusal harekete dönüştüren aktüatörün yanı sıra, motor sürücü, joystick (kontrol çubuğu) ve mikrokontrolör devresi ile kurulmuş ve bu amaca yönelik bir yazılım hazırlanarak mikrokontrolöre bağlanmıştır.

Ağırlıkları 300-330 gram arasında değişen, 30 adet rattan 6'sı pilot çalışma için kullanıldı. Ratın sağ bacağı femoral nörovasküler paket hariç tüm yapılar kesildikten sonra modelin çekme koluna takılarak sabit hızla çekildi. Pilot çalışmada ekstremitte çekilerek kuvvet yol eğrisindeki değişiklikler değerlendirildi. Kuvvette düşme görülen dört yer belirlenerek her grupta 6 rat olacak şekilde dört farklı grup oluşturuldu. Her grupta belirlenen seviyeye kadar ekstremitte çekilerek işlem gerçekleştirildi.

Ekstremitte sabit hızla çekilirken artan kuvvet eğrisindeki ilk düşmeye damar-sinir paketindeki fibröz bantlar ve damarların adventisyalı ile epinöryumdaki kopmanın neden olduğu; ikinci düşmeye arterin kopmasının neden olduğu; üçüncü düşmeye %89 oranında vendeki kopmanın neden olduğu, dördüncü ve son sıradaki düşmeye sinirdeki kopmanın neden olduğu görüldü.

Bu modelde, açı, hız ve kuvvet gibi değişkenler sabit tutularak arter ve vende avülziyon tarzı yaralanma oluşturulabildiği gibi, ciltte degloving tarzı yaralanma veya deneysel brakial pleksus zedelenmeleri oluşturulmasında da rahatlıkla kullanılabileceği düşünülen, deney sonuçlarını güvenilir kılan, hassasiyetinin artırılması ile birlikte gelecekte ümit vaat eden bir yöntem olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Avülziyon, degloving, model.

8. ABSTRACT

A New Experimental Model Development to Create an Avulsion Injury in Vessels

Avulsion type injuries are usually seen on skin tissue but also rarely seen on other tissue types. In experimental studies, crush-avulsion injury models, which are used to create vascular avulsion injury are lack of obtaining quantitative data.

We develop a new model that turns the deformation under pressure into an electrical signal by using load cell. System contains an actuator; that uses the cycling movement of the engine to turn into the linear movement, engine driver, joystick and a microcontroller. Other properties are attached to the microcontroller by using a software that designed for his project.

30 male wistar albino rats which weight between 300 and 330 gram were used in this study. 6 of the rats are used as preliminary study. After inducing anesthesia, all tissues are cut between inguinal ligament and superficial epigastric vessels except the femoral neurovascular bundle. Right leg of the rat is attached to the pulling arm of the model. On the preliminary study, all of extremities were pulled and evaluated. Pulling force was recorded graphically and 4 decrease peak was seen at the end of the procedure. According to this peak point 4 groups were formed.

First decrease peak was seen on the rupture of fibrotic bands just near the neurovascular bundle and rupture of adventitial layer of vessels and epineurium. Second peak was caused by arterial rupture, third peak was 89% caused by vein rupture. Neural rupture was responsible for the forth decrease peak.

This model provides the chance to create an avulsion injury that could be used on vascular avulsion injury and can be used on degloving injury or brachial injury on every rat by keeping variables like pulling angle, speed and force constant in an objective view.

Key words: Avulsion, degloving, model

9. KAYNAKLAR

1. Ozkan O, Bektas G, Cinpolat E. A successful replantation of total scalp, forehead, left ear, eyebrows and upper eyelids amputation and 6-year follow-up result. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2013. 19(3): 277-81.
2. Merle M, Dautel G. Advances in digital replantation. *Clin Plast Surg* 1997; 24(1): 87-105.
3. Lutz BS, Klauke T, Dietrich FE. Late results after microvascular reconstruction of severe crush and avulsion injuries of the upper extremity. *J Reconstr Microsurg* 1997; 13(6): 423-9.
4. Maladry D. Scalp reconstruction after avulsion: emergency microsurgery and secondary tissue expansion. Apropos of 3 cases caused by farming machines. *Ann Chir Plast Esthet* 1994; 39(2): 169-75.
5. Cooley BC, Hansen FC. Microvascular repair following local crush and avulsion vascular injury. *Microsurgery* 1985; 6(1): 46-8.
6. Lykoudis EG. 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.
7. Oztuna V. The effect of pentoxifylline in treatment of skin degloving injuries: an experimental study. *Injury* 2006; 37(7): 638-41.
8. Milcheski DA. Experimental model of degloving injury in rats: effect of allopurinol and pentoxifylline in improving viability of avulsed flaps. *Ann Plast Surg* 2013; 70(3): 366-9.
9. Wang ZT. A new model of skin avulsion injuries in rats. *Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi* 2008; 24(3): 212-5.
10. Jiang S. Reorganization in motor cortex after brachial plexus avulsion injury and repair with the contralateral C7 root transfer in rats. *Microsurgery* 2010; 30(4): 314-20.
11. Li L. Rescue of adult mouse motoneurons from injury-induced cell death by glial cell line-derived neurotrophic factor. *Proc Natl Acad Sci USA* 1995; 92(21): 9771-5.

12. Bertelli JA, Mira JC. Brachial plexus repair by peripheral nerve grafts directly into the spinal cord in rats. Behavioral and anatomical evidence of functional recovery. *J Neurosurg* 1994; 81(1): 107-14.
13. Spinner RJ. Model for avulsion injury in the rat brachial plexus using passive acceleration. *Microsurgery* 2000; 20(2): 94-7.
14. Fu G. Penile erectile dysfunction after brachial plexus root avulsion injury in rats. *Neural Regen Res* 2014; 9(20): 1839-43.
15. Panse N, Sahasrabudhe P, Joshi N. Face avulsion and degloving. *World J Plast Surg* 2014; 3(1): 64-7.
16. Jeong ST. A new surgical technique for traumatic dislocation of posterior tibial tendon with avulsion fracture of medial malleolus. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2015; 49(6): 690-3.
17. Oter JP. Avulsion of the left lobe of the liver by contusion. *Bol Soc Cir Urug* 1961; 32: 554-60.
18. Belousov BI. Case of rupture of anterior abdominal wall with rupture and avulsion of the right lobe of the liver. *Sov Med* 1955; 19(11): 82.
19. Mohan H. The "flying" bile duct: avulsion of the common bile duct in a plane crash survivor. *Ir J Med Sci* 2009; 178(4): 523-5.
20. Arkovitz MS. Complete biliary avulsion from blunt compression injury. *J Pediatr Surg* 1999; 34(10): 1559-62.
21. Steinberg ML. Clinical image. Shoulder harness seatbelt injury: CT appearance of hepatic avulsion with active arterial hemorrhage. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20(6): 938-9.
22. Reischl M. Isolated complete duodenal avulsion at the pylorus after blunt abdominal trauma. *Chirurg* 2001; 72(5): 603-5.
23. Patel BB. Splenic Avulsion Following PEG Tube Placement: A Rare but Serious Complication. *ACG Case Rep J* 2014; 2(1): 21-3.
24. Konstantinos S. Traumatic avulsion of kidney and spleen into the chest through a ruptured diaphragm in a young worker: a case report. *J Med Case Rep* 2007; 1: 178.
25. Ciolino JB, Murphy MA. Complete optic nerve avulsion associated with a basketball injury. *Med Health RI* 2003; 86(10): 324-5.

26. Rubin AD, Hawkshaw MJ, Sataloff RT. Vocal process avulsion. *J Voice* 2005; 19(4): 702-6.
27. Frezza EE, Valenziano CP. Blunt traumatic avulsion of the inferior vena cava: case report. *J Trauma* 1997; 42(1): 141-3.
28. Kapetanakis EI. Traumatic partial avulsion of a single right subclavian artery from the aortic arch and definitive repair. *Ann Thorac Surg* 2006; 81(1): 348-50.
29. Frederiks E. Treatment of degloved fingers. *Hand* 1973; 5(2): 140-4.
30. Bevin AG, Chase RA. The Management of Ring Avulsion Injuries and Associated Conditions in the Hand. *Plast Reconstr Surg* 1963; 32: 391-400.
31. Thompson LK, 3rd Posch JL, Lie KK. Ring injuries. *Plast Reconstr Surg* 1968; 42(2): 148-51.
32. Crawford J, Horton CE, Oakey RS. Avulsion of ring finger skin. *Plast Reconstr Surg* (1946) 1952; 10(1): 46-9.
33. Alonso-Artieda M. Reimplantation of an avulsed ring finger using a sensory cross-finger flap. *Br J Plast Surg* 1971; 24(3): 293-5.
34. Burkhalter WE. Ring avulsion injuries, care of amputated parts, replants, and revascularization. *Emerg Med Clin North Am* 1985; 3(2): 365-71.
35. McGregor IA. Degloving injuries. *Hand* 1970; 2(2): 130-3.
36. Carroll RE. Ring injuries in the hand. *Clin Orthop Relat Res* 1974(104): 175-82.
37. Tsai TM. Primary microsurgical repair of ring avulsion amputation injuries. *J Hand Surg Am* 1984; 9A(1): 68-72.
38. Weiland AJ. Replantation of digits and hands: analysis of surgical techniques and functional results in 71 patients with 86 replantations. *J Hand Surg Am* 1977; 2(1): 1-12.
39. Tamai S. Digit replantation. Analysis of 163 replantations in an 11 year period. *Clin Plast Surg* 1978; 5(2): 195-209.
40. Kleinert HE, Jablon M, Tsai TM. An overview of replantation and results of 347 replants in 245 patients. *J Trauma* 1980; 20(5): 390-8.

41. Hamilton RB. Survival factors in replantation and revascularization of the amputated thumb--10 years experience. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1984; 18(2): 163-73.
42. Tark KC. Replantation and revascularization of hands: clinical analysis and functional results of 261 cases. *J Hand Surg Am* 1989; 14(1): 17-27.
43. Isogai N, Tanaka H, Asamura S. Thrombosis and altered expression of intercellular adhesion molecule-1 (ICAM-1) after avulsion injury in rat vessels. *J Hand Surg Br* 2004; 29(3): 230-4.
44. Urbaniak JR, Evans JP, Bright DS. Microvascular management of ring avulsion injuries. *J Hand Surg Am* 1981; 6(1): 25-30.
45. Nissenbaum M. Class IIA ring avulsion injuries: an absolute indication for microvascular repair. *J Hand Surg Am* 1984; 9(6): 810-5.
46. Kay S, Werntz J, Wolff TW. Ring avulsion injuries: classification and prognosis. *J Hand Surg Am* 1989; 14(2 Pt 1): 204-13.
47. Weil DJ, Wood VE, Frykman GK. A new class of ring avulsion injuries. *J Hand Surg Am* 1989; 14(4): 662-4.
48. Stutz N. Ring avulsion injury with rupture of both digital arteries despite a completely intact skin envelope. *J Hand Surg Eur Vol* 2008; 33(4): 530-2.
49. Ozkan O. Unique superiority of microsurgical repair technique with its functional and aesthetic outcomes in ring avulsion injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59(5): 451-9.
50. Entin MA. Roller and wringer injuries clinical and experimental studies. *Plast Reconstr Surg* (1946) 1955; 15(4): 290-312.
51. Hak DJ, Olson SA, Matta JM. Diagnosis and management of closed internal degloving injuries associated with pelvic and acetabular fractures: the Morel-Lavallee lesion. *J Trauma* 1997; 42(6): 1046-51.
52. Cormack GC, Lamberty BG. The blood supply of thigh skin. *Plast Reconstr Surg* 1985; 75(3): 342-54.
53. Tsur A. Morel-Lavallee syndrome after crush injury. *Harefuah* 2006; 145(2): 111-3, 166.

54. Tejwani SG, Cohen SB, Bradley JP. Management of Morel-Lavallee lesion of the knee: twenty-seven cases in the national football league. *Am J Sports Med* 2007; 35(7): 1162-7.
55. Garner A. Morel-Lavallee lesions of the knee: a closed degloving injury: a report of two cases. *ANZ J Surg* 2014; 84(10): 789-91.
56. Luria S. Talc sclerodhesis of persistent Morel-Lavallee lesions (posttraumatic pseudocysts): case report of 4 patients. *J Orthop Trauma* 2006; 20(6): 435-8.
57. Tseng S, Tornetta P. 3rd Percutaneous management of Morel-Lavallee lesions. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88(1): 92-6.
58. Mandel MA. The management of lower extremity degloving injuries. *Ann Plast Surg* 1981; 6(1): 1-5.
59. Hidalgo DA. Lower extremity avulsion injuries. *Clin Plast Surg* 1986; 13(4): 701-10.
60. Waikukul S. Revascularization of degloving injuries of the limbs. *Injury* 1997; 28(4): 271-4.
61. Dini M. Vacuum-assisted closure, dermal regeneration template and degloved cryopreserved skin as useful tools in subtotal degloving of the lower limb. *Injury* 2012; 43(6): 957-9.
62. Wolter TP, Noah EM, Pallua N. The use of Integra in an upper extremity avulsion injury. *Br J Plast Surg* 2005; 58(3): 416-8.
63. Jeng SF, Wei FC. Technical refinement in the management of circumferentially avulsed skin of the leg. *Plast Reconstr Surg* 1997; 100(6): 1434-41.
64. Widgerow AD, Chait LA. Degloving injuries and flap viability assessment. *S Afr Med J* 1993; 83(2): 97-9.
65. Milcheski DA. Degloving injuries of lower extremity--proposal of a treatment protocol. *Rev Col Bras Cir* 2010; 37(3): 199-203.
66. Krishnamoorthy R, Karthikeyan G. Degloving injuries of the hand. *Indian J Plast Surg* 2011; 44(2): 227-36.
67. Hsu WM. The salvage of a degloved hand skin flap by arteriovenous shunting. *Plast Reconstr Surg* 1996; 98(1): 146-50.

68. Huemer GM. Management of a traumatically avulsed skin-flap on the dorsum of the foot. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004; 124(8): 559-62.
69. Nogueira A. Delayed full-thickness autografting of cryopreserved avulsed skin in degloving injuries of the extremities. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107(4): 1009-13.
70. Coryllos E. Treatment of an avulsed skin-flap involving the circumference of the entire lower leg: a case report. *Ann Surg* 1960; 151: 437-40.
71. Farmer AW. Treatment of Avulsed Skin Flaps. *Ann Surg* 1939; 110(5): 951-9.
72. Sloan GM, Sasaki GH. Noninvasive monitoring of tissue viability. *Clin Plast Surg* 1985; 12(2): 185-95.
73. McGrouther DA, Sully L. Degloving injuries of the limbs: long-term review and management based on whole-body fluorescence. *Br J Plast Surg* 1980; 33(1): 9-24.
74. Lim H. A Simple Strategy in Avulsion Flap Injury: Prediction of Flap Viability Using Wood's Lamp Illumination and Resurfacing with a Full-thickness Skin Graft. *Arch Plast Surg* 2014; 41(2): 126-32.
75. Moyer HR, Losken A. Predicting mastectomy skin flap necrosis with indocyanine green angiography: the gray area defined. *Plast Reconstr Surg* 2012; 129(5): 1043-8.
76. Phillips BT. Intraoperative perfusion techniques can accurately predict mastectomy skin flap necrosis in breast reconstruction: results of a prospective trial. *Plast Reconstr Surg* 2012; 129(5): 778e-88e.
77. Zeligowski AA, Ziv I. How to harvest skin graft from the avulsed flap in degloving injuries. *Ann Plast Surg* 1987; 19(1): 89-90.
78. Pearl RM. A unifying theory of the delay phenomenon--recovery from the hyperadrenergic state. *Ann Plast Surg* 1981; 7(2): 102-12.
79. Morris SF, Taylor GI. The time sequence of the delay phenomenon: when is a surgical delay effective? An experimental study. *Plast Reconstr Surg* 1995; 95(3): 526-33.

80. Çinpolat A, Bektaş G, Coskunfirat OK. The Third Treatment Option in Skin Avulsion Injury: Case Report. *Türkiye Klinikleri Journal of Case Reports* 2013; 21: 4
81. Noaman HH. Salvage of complete degloved digits with reversed vascularized pedicled forearm flap: a new technique. *J Hand Surg Am* 2012; 37(4): 832-6.
82. Ju JH, Hou RX. Repair of a degloving injury of the thumb with a combined dorsal great toenail flap and dorsalis pedis flap: a case report. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133(10): 1455-8.
83. Tajima T. Treatment of open crushing type of industrial injuries of the hand and forearm: degloving, open circumferential, heat-press, and nail-bed injuries. *J Trauma* 1974; 14(12): 995-1011.
84. Elshahat A. Management of complex avulsion injuries of the dorsum of the foot and ankle in pediatric patients by using local delayed flaps and skin grafts. *Eplasty* 2010; 10: e64.
85. Graf P, Kalpen A, Biemer E. Revascularisation versus reconstruction of degloving injuries of the heel: case report. *Microsurgery* 1995; 16(3): 149-54.
86. Pradier JP, Oberlin C, Bey E. Acute deep hand burns covered by a pocket flap-graft: long-term outcome based on nine cases. *J Burns Wounds* 2007; 6: e1.
87. Nazerani S. Treatment of traumatic degloving injuries of the fingers and hand: introducing the "compartmented abdominal flap". *Tech Hand Up Extrem Surg* 2011; 15(3): 151-5.
88. Senda H. A case of degloving injury of the whole hand reconstructed by a combination of distant flaps comprising an anterolateral thigh flap and a groin flap. *J Reconstr Microsurg* 2011; 27(5): 299-302.
89. Doctor AM. Three-flap cover for total hand degloving. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010; 63(4): e402-5.
90. Terzis JK, Kostas I, Soucacos PN. Restoration of shoulder function with nerve transfers in traumatic brachial plexus palsy patients. *Microsurgery* 2006; 26(4): 316-24.

91. Terzis JK, Vekris MD, Soucacos PN. Brachial plexus root avulsions. *World J Surg* 2001; 25(8): 1049-61.
92. Lundborg G, Rosen B. Hand function after nerve repair. *Acta Physiol (Oxf)* 2007; 189(2): 207-17.
93. Allieu Y, Privat JM, Bonnel F. Paralysis in root avulsion of the brachial plexus. Neurotization by the spinal accessory nerve. *Clin Plast Surg* 1984; 11(1): 133-6.
94. Nagano A. Direct nerve crossing with the intercostal nerve to treat avulsion injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg Am* 1989; 14(6): 980-5.
95. Gu YD. Phrenic nerve transfer treating root avulsion of the brachial plexus. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 1989; 27(7): 433-5, 447.
96. Seddon HJ. Nerve Grafting. *J Bone Joint Surg Br* 1963; 45: 447-61.
97. Gu YD, Shen LY. Electrophysiological changes after severance of the C7 nerve root. *J Hand Surg Br* 1994; 19(1): 69-71.
98. Gu YD. Long-term functional results of contralateral C7 transfer. *J Reconstr Microsurg* 1998; 14(1): 57-9.
99. Beaulieu JY. Cerebral plasticity in crossed C7 grafts of the brachial plexus: an fMRI study. *Microsurgery* 2006; 26(4): 303-10.
100. Terzis JK, Kokkalis ZT. Selective contralateral c7 transfer in posttraumatic brachial plexus injuries: a report of 56 cases. *Plast Reconstr Surg* 2009; 123(3): 927-38.
101. Hierner R, Berger AK. Did the partial contralateral C7-transfer fulfil our expectations? Results after 5 year experience. *Acta Neurochir Suppl* 2007; 100: 33-5.
102. Chuang DC. Contralateral C7 transfer (CC-7T) for avulsion injury of the brachial plexus. *Tech Hand Up Extrem Surg* 1999; 3(3): 185-92.
103. McGuinness CN, Kay SP. The prespinal route in contralateral C7 nerve root transfer for brachial plexus avulsion injuries. *J Hand Surg Br* 2002; 27(2): 159-60.

104. Songcharoen P. Hemi-contralateral C7 transfer to median nerve in the treatment of root avulsion brachial plexus injury. *J Hand Surg Am* 2001; 26(6): 1058-64.
105. Gu YD. Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. *Microsurgery* 1989; 10(4): 287-9.
106. Chuang DC. Restoration of shoulder abduction by nerve transfer in avulsed brachial plexus injury: evaluation of 99 patients with various nerve transfers. *Plast Reconstr Surg* 1995; 96(1): 122-8.
107. Terzis JK, Papakonstantinou KC. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg* 2000; 106(5): 1097-1122; quiz 1123-4.
108. Oberlin C. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* 1994; 19(2): 232-7.
109. Nath RK, Lyons AB, Bietz G. Physiological and clinical advantages of median nerve fascicle transfer to the musculocutaneous nerve following brachial plexus root avulsion injury. *J Neurosurg* 2006; 105(6): 830-4.
110. Doi K. Reconstruction of finger and elbow function after complete avulsion of the brachial plexus. *J Hand Surg Am* 1991; 16(5): 796-803.
111. Shin AY. Adult traumatic brachial plexus injuries. *J Am Acad Orthop Surg* 2005; 13(6): 382-96.
112. Terzis JK, Kostopoulos VK. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg* 2007; 119(4): 73e-92e.
113. Songcharoen P. Management of brachial plexus injury in adults. *Scand J Surg* 2008; 97(4): 317-23.
114. Bardsley AF, Mercer DM. The injured ear: a review of 50 cases. *Br J Plast Surg* 1983; 36(4): 466-9.
115. Ihrai T. Surgical management of traumatic ear amputations: literature review. *Ann Chir Plast Esthet* 2009; 54(2): 146-51.
116. Mladick RA. The pocket principle: a new technique for the reattachment of a severed ear part. *Plast Reconstr Surg* 1971; 48(3): 219-23.

117. Mladick RA, Carraway JH. Ear reattachment by the modified pocket principle. Case report. *Plast Reconstr Surg* 1973; 51(5): 584-7.
118. Salyapongse A, Maun LP, Suthunyarat P. Successful replantation of a totally severed ear. *Plast Reconstr Surg* 1979; 64(5): 706-7.
119. Destro MW, Speranzini MB. Total reconstruction of the auricle after traumatic amputation. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94(6): 859-64.
120. Kyrmizakis DE. Nonmicrosurgical reconstruction of the auricle after traumatic amputation due to human bite. *Head Face Med* 2006; 2: 45.
121. Park C, Lee CH, Shin KS. An improved burying method for salvaging an amputated auricular cartilage. *Plast Reconstr Surg* 1995; 96(1): 207-10.
122. Maloney K. Partial avulsion of the right ear treated with a pocket technique: a case report and review of the literature. *J Maxillofac Oral Surg* 2015; 14(Suppl 1): 288-92.
123. Sexton RP. Utilization of the amputated ear cartilage. *Plast Reconstr Surg* (1946) 1955; 15(5): 419-22.
124. Kong DK, Schutt CA, Mehra S. Temporoparietal fascia flap "sandwich" technique for repair of near-total traumatic auricle avulsion. *Laryngoscope* 2016; 126(4): 826-8.
125. Elsayh NI. Ear replantation combined with local flaps. *Ann Plast Surg* 1986; 17(2): 102-11.
126. Ariyan S, Chicarilli ZN. Replantation of a totally amputated ear by means of a platysma musculocutaneous "sandwich" flap. *Plast Reconstr Surg* 1986; 78(3): 385-9.
127. de Mello-Filho FV, Mamede RC, Koury AP. Use of a platysma myocutaneous flap for the reimplantation of a severed ear: experience with five cases. *Sao Paulo Med J* 1999; 117(5): 218-23.
128. Brent B. Technical advances in ear reconstruction with autogenous rib cartilage grafts: personal experience with 1200 cases. *Plast Reconstr Surg* 1999; 104(2): 319-34; discussion 335-8.
129. Anous MM, Hallock GG. Immediate reconstruction of the auricle using the amputated cartilage and the temporoparietal fascia. *Ann Plast Surg* 1988; 21(4): 378-81.

130. Jenkins AM, Finucan T. Primary nonmicrosurgical reconstruction following ear avulsion using the temporoparietal fascial island flap. *Plast Reconstr Surg* 1989; 83(1): 148-52.
131. Pennington DG, Lai MF, Pelly AD. Successful replantation of a completely avulsed ear by microvascular anastomosis. *Plast Reconstr Surg* 1980; 65(6): 820-3.
132. Brent B. Experience with the temporoparietal fascial free flap. *Plast Reconstr Surg* 1985; 76(2): 177-88.
133. Pennington DG, Pennington TE. 30-year follow-up of the first successfully replanted ear. *Plast Reconstr Surg* 2010; 126(1): 21e-23e.
134. Schonauer F. Three cases of successful microvascular ear replantation after bite avulsion injury. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2004; 38(3): 177-82.
135. O'Toole G, Bhatti K, Masood S. Replantation of an avulsed ear, using a single arterial anastomosis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008; 61(3): 326-9.
136. Akyurek M, Safak T, Kecik A. Microsurgical ear replantation without venous repair: failure of development of venous channels despite patency of arterial anastomosis for 14 days. *Ann Plast Surg* 2001; 46(4): 439-42; discussion 442-3.
137. Steffen A, Katzbach R, Klaiber S. A comparison of ear reattachment methods: a review of 25 years since Pennington. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118(6): 1358-64.
138. Nagata S. A new method of total reconstruction of the auricle for microtia. *Plast Reconstr Surg* 1993; 92(2): 187-201.
139. Romo T, 3rd Presti PM, Yalamanchili HR. Medpor alternative for microtia repair. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2006; 14(2): 129-36, vi.
140. Link C, Barabas A, Tanner B. A biocompatible silicone framework for external ear reconstruction using a phosphorylcholine coating. *Plast Reconstr Surg* 2011; 128(1): 22e-3e.
141. Fox JW, Edgerton MT. The fan flap: an adjunct to ear reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1976; 58(6): 663-7.

142. Cenzi R. Clinical outcome of 285 Medpor grafts used for craniofacial reconstruction. *J Craniofac Surg* 2005; 16(4): 526-30.
143. Romo T 3rd. Reconstruction of congenital microtia-atresia: outcomes with the Medpor/bone-anchored hearing aid-approach. *Ann Plast Surg* 2009; 62(4): 384-9.
144. Wilkes GH, Wolfaardt JF. Osseointegrated alloplastic versus autogenous ear reconstruction: criteria for treatment selection. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93(5): 967-79.
145. Dove AF. Dressings of the nailbed following nail avulsion. *J Hand Surg Br* 1988; 13(4): 408-10.
146. Schiller C. Nail replacement in finger tip injuries. *Plast Reconstr Surg* (1946) 1957; 19(6): 521-30.
147. Brown JB. The Repair of Surface Defects of the Hand. *Ann Surg* 1938; 107(6): 952-71.
148. Hsieh SC. Thin split-thickness toenail bed grafts for avulsed nail bed defects. *Ann Plast Surg* 2004; 52(4): 375-9.
149. Ogunro O, Ogunro S. Avulsion injuries of the nail bed do not need nail bed graft. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2007; 11(2): 135-8.
150. Shepard GH. Treatment of nail bed avulsions with split-thickness nail bed grafts. *J Hand Surg Am* 1983; 8(1): 49-54.
151. Sugamata A. Regeneration of nails with artificial dermis. *J Plast Surg Hand Surg* 2012; 46(3-4): 191-4.
152. Weinand C. A comparison of complications in 400 patients after native nail versus silicone nail splints for fingernail splinting after injuries. *World J Surg* 2014; 38(10): 2574-9.
153. Thornington MJ. Toenail avulsion. *Can Fam Physician* 1983; 29: 951-2.
154. Hansen TB, Poulsen MB, Hald N. Ingrown nail of the great toe treated with partial resection of the nail-forming matrix. *Ugeskr Laeger* 1991; 153(32): 234-5.
155. Pandhi D, Verma P. Nail avulsion: indications and methods (surgical nail avulsion). *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2012; 78(3): 299-308.

156. Khan IA. Treatment of ingrown toe nail-comparison of phenolization after partial nail avulsion and partial nail avulsion alone. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2014; 26(4): 522-5.
157. Yang KC, Li YT. Treatment of recurrent ingrown great toenail associated with granulation tissue by partial nail avulsion followed by matricectomy with sharpulse carbon dioxide laser. *Dermatol Surg* 2002; 28(5): 419-21.
158. Lane JE, Peterson CM, Ratz JL. Avulsion and partial matricectomy with the carbon dioxide laser for pincer nail deformity. *Dermatol Surg* 2004; 30(3): 456-8.
159. Clayburgh RH, Wood MB, Cooney WP 3rd. Nail bed repair and reconstruction by reverse dermal grafts. *J Hand Surg Am* 1983; 8(5 Pt 1): 594-8.
160. Kavli G. Trichophyton-rubrum-infected toenails treated with ketoconazole and partial nail avulsion. *Dermatologica* 1984; 169(4): 191-3.
161. Hettinger DF, Valinsky MS. Treatment of onychomycosis with nail avulsion and topical ketoconazole. *J Am Podiatr Med Assoc* 1991; 81(1): 28-32.
162. Goldsmith L, Katz S, Gilchrest B, Paller A, Leffell D, Wolff K. Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine, Volume one and two. 8th ed. New York, NY: McGraw-Hill 2012
163. James W, Berger T, Elston D. Andrews' Diseases of the Skin: Clinical Dermatology. 10th ed. Philadelphia: Saunders 2005
164. Gatti JE, LaRossa D. Scalp avulsions and review of successful replantation. *Ann Plast Surg* 1981; 6(2): 127-31.
165. Cheng K. Microsurgical replantation of the avulsed scalp: report of 20 cases. *Plast Reconstr Surg* 1996; 97(6): 1099-106; discussion 1107-8.
166. Sanger JR. Ectopic scalp replantation: a case report. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010; 63(1): e23-7.
167. Lu MM. Successful replacement of avulsed scalp. Case report. *Plast Reconstr Surg* 1969; 43(3): 231-4.
168. Koss N, Robson MC, Krizek TJ. Scalping injury. *Plast Reconstr Surg* 1975; 55(4): 439-44.

169. Bhattacharya V, Sinha JK, Tripathi FM. Management of scalp injuries. *J Trauma* 1982; 22(8): 698-702.
170. Ozkan O. Rationale for reconstruction of large scalp defects using the anterolateral thigh flap: structural and aesthetic outcomes. *J Reconstr Microsurg* 2005; 21(8): 539-45.
171. Miller GD, Anstee EJ, Snell JA. Successful replantation of an avulsed scalp by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 1976; 58(2): 133-6.
172. Buncke HJ. Successful replantation of two avulsed scalps by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 1978; 61(5): 666-72.
173. Van Beek AL, Zook EG. Scalp replantation by microsurgical revascularization: case report. *Plast Reconstr Surg* 1978; 61(5): 774-7.
174. Nahai F, Hurteau J, Vasconez LO. Replantation of an entire scalp and ear by microvascular anastomoses of only 1 artery and 1 vein. *Br J Plast Surg* 1978; 31(4): 339-42.
175. Yaffe B, Shvoron A. Successful replantation of a totally avulsed scalp. *J Reconstr Microsurg* 1986; 2(3): 171-3.
176. McCann J. Microvascular replantation of a completely avulsed scalp. *Microsurgery* 1994; 15(9): 639-42.
177. Juri J, Irigaray A, Zeaiter C. Reimplantation of scalp. *Ann Plast Surg* 1990; 24(4): 354-61.
178. Eren S, Hess J, Larkin GC. Total scalp replantation based on one artery and one vein. *Microsurgery* 1993; 14(4): 266-71.
179. Wilhelmi BJ. First successful replantation of face and scalp with single-artery repair: model for face and scalp transplantation. *Ann Plast Surg* 2003; 50(5): 535-40.
180. Arashiro K. Entire scalp replantation: case report and review of the literature. *J Reconstr Microsurg* 1995; 11(4): 245-50.
181. Chen IC, Wan HL. Microsurgical replantation of avulsed scalps. *J Reconstr Microsurg* 1996; 12(2): 105-12.
182. Sakai S, Soeda S, Ishii Y. Avulsion of the scalp: which one is the best artery for anastomosis? *Ann Plast Surg* 1990; 24(4): 350-3.

183. Thomas A. Total face and scalp replantation. *Plast Reconstr Surg* 1998; 102(6): 2085-7.
184. Jian L. Application of Halo-vest head ring in replantation of total scalp avulsion. *Zhonghua Zheng Xing Wai Ke Za Zhi* 2015; 31(6): 403-6.
185. Koul AR. Use of a halo frame for optimum intra- and post-operative management after scalp replantation/revascularization. *Indian J Plast Surg* 2012; 45(3): 560-2.
186. von Arx T. Developmental disturbances of permanent teeth following trauma to the primary dentition. *Aust Dent J* 1993; 38(1): 1-10.
187. Rai SB, Munshi AK. Traumatic injuries to the anterior teeth among South Kanara school children--a prevalence study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 1998; 16(2): 44-51.
188. Osuji OO. Traumatised primary teeth in Nigerian children attending University Hospital: the consequences of delays in seeking treatment. *Int Dent J* 1996; 46(3): 165-70.
189. Flores MT. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. II. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2007; 23(3): 130-6.
190. Flores MT. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. III. Primary teeth. *Dent Traumatol* 2007; 23(4): 196-202.
191. Martin MP, Pileggi R. A quantitative analysis of Propolis: a promising new storage media following avulsion. *Dent Traumatol* 2004; 20(2): 85-9.
192. Andreasen JO. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. *Dent Traumatol* 2004; 20(4): 203-11.
193. Mitchell GM. 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.
194. Rooks MD. Refinement of the rat crush-avulsion femoral artery injury model. *Microsurgery* 1993; 14(2): 130-4.
195. Karlander LE, Lidman D, Franzen L. The effect of severe contusion on the vessels of the femoral region. An experimental morphological study. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1991; 25(1): 1-4.

196. Kupfer DM. Ring avulsion injuries: a biomechanical study. *J Hand Surg Am* 1999; 24(6): 1249-53.
197. Siegel DB. Use of anticoagulants in replantation and elective microsurgery. *Microsurgery* 1991; 12(4): 277-80.
198. Khouri RK. Thrombosis of microvascular anastomoses in traumatized vessels: fibrin versus platelets. *Plast Reconstr Surg* 1990; 86(1): 110-7.
199. Chen LE. Effects of enoxaparin, standard heparin, and streptokinase on the patency of anastomoses in severely crushed arteries. *Microsurgery* 1995; 16(10): 661-5.
200. Kurata T, O'Brien BM, Black MJ. Microvascular surgery in degloving injuries: an experimental study. *Br J Plast Surg* 1978; 31(2): 117-20.
201. Wu W. Potential roles of gene expression change in adult rat spinal motoneurons following axonal injury: a comparison among c-jun, off-affinity nerve growth factor receptor (LNGFR), and nitric oxide synthase (NOS). *Exp Neurol* 1996; 141(2): 190-200.
202. Yang J. Development of a novel experimental rat model for brachial plexus avulsion injury. *Neuroreport* 2015; 26(9): 501-9.