T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

ÇOCUK CERRAHİSİ KLİNİĞİ

ÇOCUKLARDA ELEKTRİK İNJÜRİLERİ VE UZUN DÖNEM SONUÇLARI

Dr. Abdurrahman Urve UZUN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2024

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

ÇOCUK CERRAHİSİ KLİNİĞİ

ÇOCUKLARDA ELEKTRİK İNJÜRİLERİ VE UZUN DÖNEM SONUÇLARI

Dr. Abdurrahman Urve UZUN

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Sabri DEMİR

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2024

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tezimin hazırlanması sürecinde bilimsel rehberliği, bilgi ve deneyimiyle bana her adımda sabırla yol gösteren tez danışmanım Doç. Dr. Sabri Demir'e

Uzun ve zorlu bu süreçte bana destek olan, bilgi birikimini benimle paylaşan ve meslektaşları olmamı sağlayan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Emrah Şenel, Prof. Dr. Müjdem Nur Azılı, Prof. Dr. Fatih Akbıyık, Prof. Dr. Derya Erdoğan, Doç. Dr. Can İhsan Öztorun, Doç. Dr. Ahmet Ertürk, Doç. Dr. Yavuz Yılmaz, Op. Dr. Elif Emel Erten, Op. Dr. Süleyman Arif Bostancı, Op. Dr. Vildan Selin Çayhan, Op. Dr. Aslı Nur Abay'a

Yine uzmanlık sürecinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak ufkumu genişleten saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Hüseyin Tuğrul Tiryaki, Prof. Dr. Bilge Karabulut'a, Doç. Dr. Hasan Deliağa, Op. Dr. Derya Yayla, Op. Dr. Süleyman Tağcı ve Op. Dr. Sencer Sağlam'a

Beş yıl boyunca yol arkadaşlığı yaptığımız tüm asistan arkadaşlarıma,

Servis, yoğun bakım, ameliyathane ve polikliniklerde birlikte çalıştığımız hemşire, sekreter ve personel arkadaşlarıma,

Bütün hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, yanımda olan sevgili annem, babam ve kardeşlerime, varlığı ile bana güç veren, her adımda yanımda olan, evimizi ev yapan, hayatım, sevgili eşim Gülşah'ıma, gülüşü ile bana her şeyi unutturan biricik kızım Zeynep Neva'ma, en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
SİMGELER VE KISALTMALAR iii
TABLO LİSTESİ iv
ŞEKİL LİSTESİ v
ÖZET vi
ABSTRACT viii
1. GİRİŞ ve AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 2
2.1. DERİ 2
2.1.1. Derinin Embriyolojisi, Histolojisi ve Anatomisi 2
2.2. ELEKTRİK 7
2.2.1. Elektriğin Tarihçesi 7
2.2.2. Elektriğin Fiziği 7
2.3. ELEKTRİĞİN DOKULAR VE SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİSİ 14
2.4. YANIK PATOFİZYOLOJİSİ 17
2.4.1. Yanığın Lokal Etkileri 17
2.4.2. Yanığın Sistemik Etkileri 19
2.4.3. Elektrik Yanıklarının Patofizyolojisi 22
3. GEREÇ VE YÖNTEM 25
3.1. ETİK KURUL ONAYI 25
3.2. VERİLERİN TOPLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ 25
3.3. VERİLERİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ 26
4. BULGULAR 27
5. TARTIŞMA 42
6. SONUÇLAR 52
7. KAYNAKLAR 55
8. ÖZGEÇMİŞ 62
9. EKLER 64
EK 1. TEZ KONUSU ONAY FORMU 64

SİMGELER VE KISALTMALAR

AC **:** Alternating Current

DC **:** Direct Current

EKG **:** Elektrokardiyografi

NBYKT **:** Negatif Basınçlı Yara Kapama Tekniği

HBOT **:** Hiperbarik Oksijen Tedavisi

TYYA **:** Toplam Yanık Yüzey Alanı

UV **:** Ultraviyole

UVB **:** Ultraviyole B

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. 60 Hz alternatif akımın insan vücuduna tahmini etkileri 16

Tablo 4.1. Yanık merkezinde tedavi edilen hastaların demografik ve klinik verileri 28

Tablo 4.2. Elektrik grubu ve diğer yanık grubundaki hastaların demografik ve klinik özelliklerinin karşılaştırılması 29

Tablo 4.3. Elektrik yaralanmalarında erkek ve kız cinsiyetlerin karşılaştırılması 32

Tablo 4.4. Hastaların yaş gruplarına göre karşılaştırılması 35

Tablo 4.5. Yüksek gerilim yaralanmalarının meydana geliş şekli ve eşlik eden travmalar 38

Tablo 4.6. Elektrik yaralanmalarının gerilime göre karşılaştırılması 41

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Derinin tabakaları 4

Şekil 2.2. Doğru akım ve Alternatif akımın şiddetlerinin zaman içindeki değişimi 13

Şekil 2.3. Elektriğin iletim ve dağıtımı 14

Şekil 2.4. Jackson'ın yanık modeli 18

Şekil 2.5. Yanığın sistemik etkileri 19

Şekil 4.1. (A) Düşük gerilim elektrik yaralanması temas noktaları. (B) Yüksek gerilim elektrik yaralanması 36

Şekil 4.2. Yüksek gerilim elektrik yaralanması ve eşlik eden yüksekten düşmeye bağlı tibia ve fibula şaft fraktürü 37

Şekil 4.3. Düşük gerilim elektrik ile özofagus, mide ve trakea yaralanması olan hastanın endoskopi ve bronkoskopi görüntüleri 38

Şekil 4.4. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan ayak parmakları ampütasyonu 39

Şekil 4.5. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan metatars ve parmak ampütasyonu 39

Şekil 4.6. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan önkol ampütasyonu 40

Şekil 4.7. Yüksek gerilim elektrik yaralanmasından 6 ay sonra gelişen katarakt ve postoperatif görüntüsü 41

Şekil 5.1. Negatif basınçlı yara kapama tekniği uygulaması 44

Şekil 5.2. Düşük gerilim elektrik yaralanması sonrası gelişen eklem kontraktürü 46

Şekil 5.3. Şehir içinde betonarme yapı ile kapatılmış transformatör 48

Şekil 5.4. Şehir içinde kalan havai yüksek gerilim elektrik iletim hattı 49

Şekil 5.5. Yol üzerinden geçen havai yüksek gerilim elektrik iletim hattı 50

Şekil 5.6. Banliyö ve yüksek hızlı trenlerde kullanılan katener sistem 51

ÖZET

Çocuklarda Elektrik İnjürileri ve Uzun Dönem Sonuçları

Giriş ve Amaç: Elektrik yaralanmaları diğer yanık nedenlerine göre daha az görülmesine rağmen önemli morbidite ve mortalite nedenidir. Çalışmamızda çocuk yanık merkezimizde tedavi edilen elektrik yaralanmaları ile ilgili üç yıllık veriyi değerlendirmek ve bu hastalarda uzun dönemde meydana gelen sekeller/sorunları araştırmak, elektrik yaralanmalarının meydana gelmesinde rol oynayan faktörleri incelemek ve çoğunlukla önlenebilir olan bu yaralanmaların önüne geçilebilmesi için çözüm yollarını önermek amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Merkezimizde 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında tedavi edilen tüm çocuk yanıklarının demografik ve klinik verileri retrospektif olarak değerlendirildi. Hastalar önce elektrik yaralanması olanlar (elektrik grubu) diğer nedenlerle yananlar (diğer yanık grubu) olarak iki gruba ayrıldı. Sonrasında elektrik yaralanması olan hastalar kendi içerisinde cinsiyete göre, yaş gruplarına göre (0-4 yaş, 5-8 yaş, 9-14 yaş, 15-18 yaş) ve gerilimin türüne göre (yüksek gerilim ve düşük gerilim) gruplara ayrıldı. Tüm gruplardaki hastalar demografik ve klinik verilerine göre karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek literatür ile karşılaştırıldı. İstatistiksel analiz SPSS ver. 25.0 kullanılarak yapıldı ve $p<0,05$ anlamlı kabul edildi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen 743 hastadan 64'ü elektrik grubunda, 679'u ise diğer yanık grubunda idi. Elektrik grubunda E:K oranı 6,1 iken diğer yanık grubunda bu oran 1,4 olarak bulundu. Elektrik grubunda hastanede ortalama yatış süresi 20,4 gün iken diğer yanık grubunda 16 gün idi. Ampütasyon oranları elektrik grubunda, diğer yanık grubuna göre altı kat yüksek idi.

Yüksek gerilim grubundaki hastaların yaş ortalaması 12,83 yıl iken düşük gerilim grubundaki hastaların yaş ortalaması 6,18 yıl idi. Yüksek gerilim grubundaki hastaların %27,8'ine yüksekten düşme şeklinde travma eşlik etmekteydi. Elektrik grubunda mortalite %3,1, diğer yanık grubunda %1,7 idi.

Sonuç: Elektrik yaralanmaları, diğer yanık nedenlerine oranla daha az görülmesine rağmen yüksek ampütasyon oranları, kötü morbidite ve mortalite oranları nedeniyle ciddiyetini korumaktadır. Bu nedenle bu yaralanmaları önlemek için koruyucu önlemler alınmalı, gerekli eğitimler verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik yaralanmaları, yüksek gerilim elektrik, düşük gerilim elektrik, yanık, ampütasyon.

ABSTRACT

Electrical Injuries In Children And Long Term Results

Introduction and Aim: Although less common than other burns, electrical injuries are significant causes of morbidity and mortality. This study aims to evaluate three years of data on electrical injuries treated at our pediatric burn center, investigate long-term sequelae/issues, examine contributing factors to the occurrence of electrical injuries and propose preventive measures for these often preventable injuries.

Materials and Methods: We retrospectively evaluated the demographic and clinical data of all pediatric burns treated at our center from August 24, 2019, to August 24, 2022. Patients were divided into two groups: those with electrical injuries (electrical group) and those with burns from other causes (other burn group). The electrical group was further categorized by gender, age groups (0-4 years, 5-8 years, 9-14 years, 15-18 years), and voltage type (high voltage and low voltage). Demographic and clinical data were compared across groups, and statistical analysis was performed using SPSS version 25.0 with $p<0.05$ considered significant.

Results: Of the 743 patients, 64 were in the electrical group, and 679 were in the other burn group. The male-to-female ratio was 6.1 in the electrical group and 1.4 in the other burn group. The average hospital stay was 20.4 days for the electrical group and 16 days for the other burn group. The amputation rate was six times higher in the electrical group. The average age was 12.83 years in the high voltage group and 6.18 years in the low voltage group. Trauma from falls accompanied 27.8% of high voltage cases. The mortality rate was 3.1% in the electrical group and 1.7% in the other burn group.

Conclusion: Despite being less frequent, electrical injuries have higher amputation rates and worse morbidity and mortality outcomes than other burns. Preventive measures and education are essential to reduce these injuries.

Keywords: Electrical injury, high voltage electric, low voltage electric, burn, amputation.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Çocuklarda tüm yaş gruplarında en sık görülen yanık türü sıcak sıvılar ile meydana gelen haşlanma yanıklarıdır [1-3]. Elektrik yaralanmaları diğer yanık etkenlerine göre daha az görülmekle beraber (%4) hem çocuklarda hem de yetişkin hastalarda önemli morbidite ve mortalite nedeni olmaya devam etmektedir [4]. Bu hastalarda diğer yanık nedenlerine göre ampütasyon ve greft ihtiyacı daha fazla olmaktadır [5, 6]. Özellikle yüksek gerilim elektrik yaralanmalarında morbidite ve mortalite oranı diğer yanıklara göre daha yüksektir [7]. Elektrik yaralanmaları, gerilimin türüne göre düşük gerilim (<1000 V) ve yüksek gerilim (≥1000 V) olmak üzere ikiye ayrılır [8]. Düşük gerilim elektrik yaralanmaları daha çok ev içinde meydana gelirken, yüksek gerilim yaralanmalar ise açık alanda (yüksek gerilim hatlarının geçtiği yerlerde, yüksek hızlı tren vagonlarının üzerinde, çatı ve balkonlarda) meydana gelmektedir. Düşük gerilim elektrik yaralanmaları daha çok küçük çocuklarda meydana gelirken, yüksek gerilim yaralanmalar daha çok büyük çocuklarda meydana gelmekte ve bazen yüksekten düşme ile birlikte görülebilmektedir. Bu hastalarda düşmeye bağlı kırıklar ve iç organ yaralanmaları olaya eşlik etmektedir [9]. Özellikle yüksek gerilim elektrik yaralanmalarında uzun dönemde katarakt gelişebilmektedir. Bu nedenle bu hastaların uzun dönem takipleri yapılmalıdır. Benzer şekilde bu hastalarda akut dönemde ampütasyon, kontraktür gelişmesi gibi kalıcı hasarların yanı sıra uzun dönemde yüksek oranda psikolojik sorunlar geliştiği bildirilmiştir [4]. Ayrıca özellikle ampütasyon yapılan veya kontraktür gelişen hastalarda uzun dönem fizik tedavi ve rehabilitasyon ihtiyacı doğmaktadır [10].

Araştırmamızın amacı çocuk yanık merkezimize kabul ettiğimiz elektrik yaralanmaları ile ilgili üç yıllık veriyi değerlendirmek ve bu hastalarda uzun dönemde meydana gelen sekeller/sorunları araştırmaktır.

Çalışmanın ikinci amacı ise elektrik yaralanmalarının meydana gelmesinde rol oynayan faktörleri incelemek ve çoğunlukla önlenebilir olan bu yaralanmaların önüne geçilebilmesi için çözüm yollarını önermektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. DERİ

Deri, vücudumuzun en büyük organıdır. Başlıca görevleri, mikroorgonizmalar ve diğer zararlı çevresel etkenlere karşı fiziksel bir bariyer oluşturmak, sıvı ve elektrolit dengesini korumak ve vücut ısısının düzenlenmesi, D vitamini metabolizmasının düzenlenmesidir. Bu önemli görevlerin yanında ayrıca derinin nörosensöriyel duyuların alınmasında da görevi vardır. Derinin toplam yüzey alanı, yenidoğanda 0.2 m^2'den yetişkin bir insanda 2.0 m^2'ye kadar değişmektedir ve vücut ağırlığının yaklaşık %15'ini oluşturur [11].

2.1.1. Derinin Embriyolojisi, Histolojisi ve Anatomisi

Deri, yüzey ektoderminden gelişen epidermis ve mezodermal embriyonik bağ dokusu olan mezenşimden gelişen dermis olmak üzere iki farklı germ yaprağından köken alan iki tabakadan oluşur. Hipodermis ise en derinde bulunan subkutanöz tabakadır.

Epidermis: Embriyonik gelişimin üçüncü haftasında gastrulasyon, yani üç germ tabakasının; ektoderm, mezoderm ve endodermin oluşması gerçekleşir. Embriyonun dış kısmı, başlangıçta tek sıralı ektodermal tabaka ile döşelidir. İkinci ayda, yüzey ektoderminin epitel yapısında tek katlı yassı epitel hücrelerinden oluşan üst periderm tabakası ve altta bazal tabaka meydana gelir. Periderm hücreleri, sürekli keratinize olarak amniyon sıvısına dökülür ve bazal tabaka tarafından yenilenir. Dökülen hücreler de fetal deriyi örten koruyucu tabaka verniks kaseosa oluşumuna katılır. Verniks, fetal dönem boyunca yağ bezlerinin salgısı sebum ile birlikte amniyon sıvısında fetüsü korur. Gastrulasyon sonrasında yüzey ektoderm tabakasından epidermis gelişmeye başlar. Yüzey ektoderminin alt tabakasında bulunan mezenşimal hücreler, epidermisin tabakalarını oluşturmak için gerekli olan sinyallerin iletimini başlatır. İlk başlarda proliferasyon sadece bazal tabaka ile sınırlıdır; ancak daha sonra sinyal iletilerinin etkisiyle epidermal tabakalanma yukarıya doğru devam eder. 10 haftalık embriyoda epidermal çıkıntılar ve dermal papillalar şekillenmeye başlar. 21. haftaya kadar periderm hücrelerinin dökülmesi devam eder; daha sonra stratum

korneum oluşur. Dördüncü ayın sonunda epidermiste artık dört tabaka ayırt edilebilmektedir. Yeni hücrelerin yapımından sorumlu stratum bazale, parmak, el avuç içleri ve ayak tabanları yüzeyinde çıkıntılar şeklinde iz düzenlerini oluşturur. Stratum spinosum, polihedral keratinositlerden oluşan kalın tabakadır ve transkripsiyonel olarak aktif olan hücrelerdir. Küçük keratohiyalin granüller içeren stratum granulosum, sıkıca bağlanmış keratinize stratum korneum tabakasıdır. Yüzey ektoderminin dermisle olan devamlı indüktif etkileşimleri sonucu çok katlı yassı epitele dönüşümü meydana gelir [12].

Epidermis, çoğunlukla epitelyal hücrelerden oluşur ve en fazla bulunan (%90-95) hücreler keratinositlerdir. Bu hücrelerin yanı sıra epidermiste Langerhans hücreleri, melanositler ve Merkel hücreleri bulunur [11, 13].

Keratinositler, stratum basale'de üretilir, burada bölünür ve stratum spinosum, granulosum, lucidum ve son olarak stratum corneum'a kadar yukarı doğru göç ederler. Katmanlar boyunca hareket ettikçe, keratinositler yayılmaya başlar, çekirdekleri ve hücreler arasındaki bağı artıran, cildin bariyer özelliğinden sorumlu olan lipidler, kolesterol ve seramidlerden oluşan bir matris salgılarlar. Stratum corneum'a geldiklerinde, keratinositler korneositler (çekirdeksiz, keratinle dolu hücreler) haline gelir ve bu dönüşüme keratinizasyon denir. Sonunda, korneositler yapışkanlıklarını kaybeder ve dökülürler. Epidermal olgunlaşmanın basal tabakadan deskuamasyona kadar olan bu süreci genellikle 2 ila 4 hafta sürer [11].

Epidermisin Tabakaları:

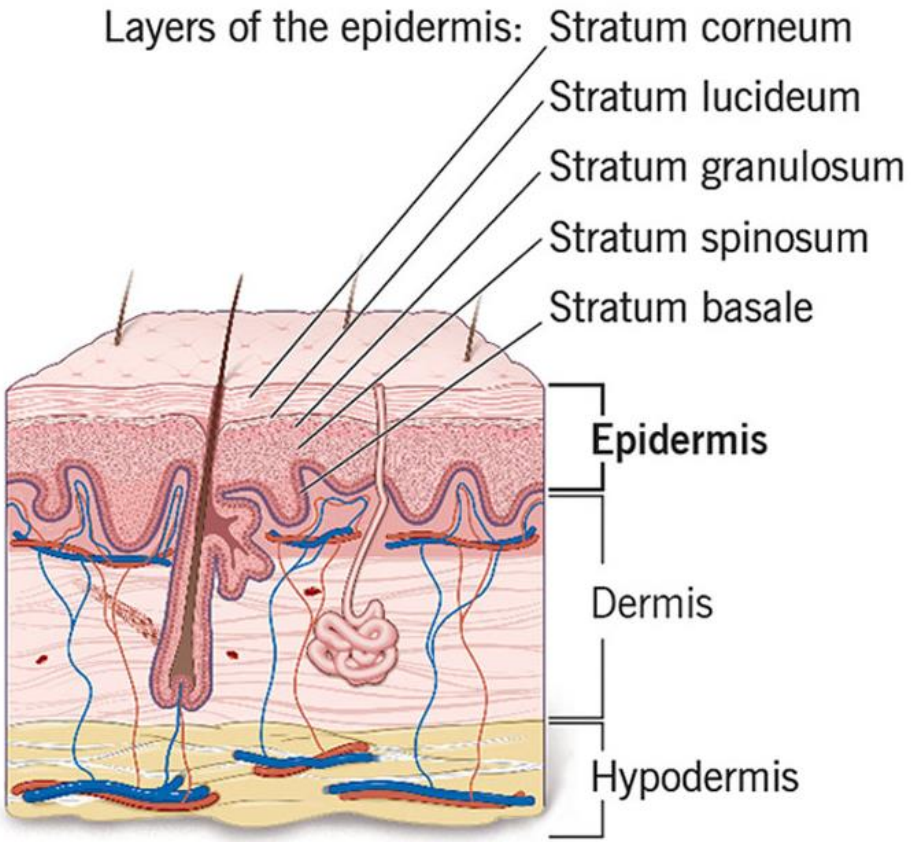
Stratum basale (stratum germinativum), dermis tarafından bazal membran (bazal lamina) ile ayrılan ve hemidesmozomlar tarafından bazal membrana bağlanan en derin tabaka olarak bilinir. Bu tabakada bulunan hücreler, sürekli olarak keratinosit üreten, küboidal ila silindirik mitotik olarak aktif kök hücrelerdir. Bu tabaka ayrıca melanositleri de içerir.

Stratum spinosum, 8-10 hücre tabakası olan, dikensi sitoplazmik uzantılara sahip düzensiz, çokgen hücreler içerir, desmozomlar aracılığıyla dışa doğru uzanır ve komşu hücrelerle temas eder. Bu tabakada dendritik hücreler bulunabilir.

Stratum granulosum, 3-5 hücre tabakası olan, keratohiyalin granüller ve lameller granüller içeren elmas şeklinde hücreleri içerir. Keratohiyalin granüller, sonunda demetler oluşturan ve çapraz bağlanan keratin öncüllerini içerir. Lameller granüller, hücrelerin yüzeyine salgılanan ve hücreleri bir arada tutan yapışkan işlevi gören glikolipitleri içerir.

Stratum lucidum, avuç içi ve taban gibi kalın deride bulunan, keratohiyalinin dönüşüm ürünü olan eleidinden oluşan ince ve açık bir tabakadır. Diğer deri bölgelerinde bu tabaka bulunmamaktadır.

Stratum corneum, 20-30 hücre tabakası olan en üst tabaka, keratin ve ölü keratinositlerden oluşan sert pullar içeren çekirdeksiz yassı hücrelerden oluşur. Bu tabaka, özellikle nasırlı deride kalınlık açısından en çok değişen tabakadır. Bu tabakada, ölü keratinositler, immün sistemin ilk savunma mekanizmalarından biri olan defensinleri salgılar [14].



Şekil 2.1. Derinin tabakaları [15]

Epidermisin Hücreleri:

Keratinositler

Keratinositler, epidermisin baskın hücre tipidir ve bazal tabakada oluşur, keratin üretir ve lipitleri salgılayarak epidermal su bariyerinin oluşumundan sorumludur. Keratinositler ayrıca, Ultraviyole B (UVB) ışığının kolesterol öncüllerini aktive ederek D vitamini oluşturmak için kalsiyum absorbsiyonunu düzenler.

Melanositler

Melanositler, nöral krest kaynaklıdır ve başlıca cildin pigmentasyonundan sorumlu olan melanin pigmentini üretirler. Stratum basale hücreleri arasında bulunurlar. UVB, ultraviyole (UV) ışınlarına karşı koruyucu olan melanin salgısını uyarır ve doğal bir güneş kremi gibi işlev görür. Melanin, tirozinin tirozinaz enzimi aracılığıyla DOPA'ya dönüştürülmesi sırasında üretilir. Melanin daha sonra melanositlerden komşu epidermal hücrelere uzanan çıkıntılar ile hücreden hücreye taşınır. Melanositlerin melanin granülleri, bazal keratinositlerin sitoplazmasına taşınır. Melanin, melanosit çıkıntılarının uçlarının keratinositler tarafından fagositozu ile komşu keratinositlere aktarılır.

Langerhans Hücreleri

Langerhans hücreleri, dendritik hücreler, cildin ilk savunma hattıdır ve antijen sunumunda önemli bir rol oynarlar. Bu hücrelerin görüntülenmesi için özel boyalar gereklidir, genellikle stratum spinosumda bulunurlar. Bu hücreler, kemik iliğinin CD34 pozitif kök hücrelerinden türeyen mezenşimal kökenli hücrelerdir ve mononükleer fagositoz sisteminin parçasıdırlar. Birbeck granülleri olara adlandırılan, tenis raketi şeklinde sitoplazmik organelle sahiptirler. Bu hücreler hem MHC I hem de MHC II moleküllerini eksprese eder, ciltte antijenleri alıp lenf düğümlerine taşırlar.

Merkel Hücreleri

Merkel hücreleri, bazal tabakada, bazal membranın hemen üstünde bulunan oval şekilli modifiye epidermal hücrelerdir. Bu hücreler, dokunma duyusu için mekanoreseptör olarak fonksiyon gösterirler ve en yoğun olarak parmak uçlarında

bulunurlar, ancak avuç içi, ayak tabanı, oral ve genital mukozada da bulunurlar. Bu hücreler, desmozomlar aracılığıyla komşu keratinositlere bağlanırlar, aralarında keratin filamentleri içerirler ve membranları ciltteki serbest sinir uçlarıyla etkileşime girer [14].

Dermis: Dermis, yüzey ektoderminin altındaki mezoderm kökenli mezenşimden meydana gelmektedir. Bağ dokusunun büyük bir kısmı lateral mezodermin somatik yaprağından, bir kısmı ise somitlerden farklılaşan dermatomlardan köken almaktadır. İntrauterin 11. haftada mezenşimal hücreler kollajen ve elastin fibrilleri sentezlemeye başlarlar. Bu esnada epidermal ve dermal çıkıntılar oluşurlar. Dermal çıkıntılarda epidermis beslenmesini sağlamak üzere kapiller halkalar gelişirken, bir kısmında ise duyu sinir sonlanmaları oluşur. Ekstremitelerin gelişimi ile birlikte spinal sinirlerin deri dağılımları gerçekleşir. Bir periferik sinir tarafından innerve edilen deri alanı kutanöz sinir alanını meydana getirir. Foliküler dermal papilla ve dermal kılıftaki hücrelerin biyolojik özellikleri diğer mezenşimal hücrelerden farklıdır. İntrauterin 5. haftanın sonunda, kapiller kan damarları, dermisteki mezenşimal endotel hücreleri ile döşeli yapılar şeklinde gözlenmeye başlar. Mezenşimal kökenli myoblastların çevrelerini sarması ile arteriol ve arterler oluşur. Kan akımının geri dönüşü oluştukça ven ve venüller oluşur. İlk trimesterin sonunda fetal dermis damar yapısının önemli bir kısmı tamamlanmış olur. Onsekizinci haftada epidermal-dermal bağlantıda hemidesmozomlar ve bağlayıcı fibriller, tip IV kollajen ve laminin gözlenir. Foliküler epidermiste keratinizasyon iyi gelişir ancak interfoliküler keratinizasyon 24 haftadan önce başlamaz [14].

Dermis ile epidermis, bazal membran ile birbirine bağlanır. Dermis, papiller ve retiküler olmak üzere iki tabakadan meydana gelir. Papiller tabaka, daha ince, gevşek bağ dokusundan oluşur ve epidermisle temas halindedir. Retiküler tabaka, daha derin, daha kalın, daha az hücreli ve yoğun bağ dokusu/kollajen lif demetlerinden oluşur. Deri ter bezlerini, saç ve saç foliküllerini, kasları, duyu sinirlerini ve kan damarlarını barındırır.

Hipodermis, dermisin altında yer alır ve aynı zamanda subkutanöz fasya olarak da adlandırılır. Derinin en derin katmanıdır ve yağ lobülleri ile birlikte bazı deri eklentilerini, saç foliküllerini, duyu sinirlerini ve kan damarlarını içerir [14].

2.2. ELEKTRİK

2.2.1. Elektriğin Tarihçesi

Elektrik antik çağlardan beri biliniyor olsa da, gücü yaklaşık 250 yıldır kullanılmaktadır. Tarihte bilinen ilk elektrik çarpması M.Ö. 2750 yılında antik Mısır'da elektrik vatozu ve yayın balığı tarafından çarpılma ile olmuştur. Thales, yaklaşık M.Ö. 600 yıllarında, kehribarın sürtüldüğünde tüy gibi hafif nesneleri çekme yeteneği kazandığını gözlemleyerek, şimdiki adıyla statik elektriğin bilinen en erken açıklamasını yapmıştır. Kraliçe Elizabeth'in saray doktoru William Gilbert, 1600 yılında "elektrik" terimini ilk kez Yunanca'da kehribar anlamına gelen "electrum" kelimesinden türetmiştir. 1786'da İtalyan doktor Luigi Galvani, kurbağa kaslarını bir elektrostatik makineden çıkan kıvılcımla sarsarak ve kasların seğirmesini sağlayarak, sinir impulsunun elektriksel temelini göstermiştir. İngiliz bilim insanı Michael Faraday'ın 1831'de elektrik üretiminin temel prensiplerini keşfetmiştir. Franklin ve diğer bilim insanlarının deneylerinden yararlanarak, bakır tel bobinler içinde mıknatısları hareket ettirerek elektrik akımı oluşturabileceğini gözlemlemiştir. Bu, elektrik konusunla önemli dönüm noktalarından biridir.

1870'lerin sonunda Thomas Edison, elektriğin modern yaşama uygulanmasının ilk örneklerinden biri olan elektrikli lambayı pratik kullanıma sokmuştur. Evleri beslemek için tek kaynak olan doğru akımı (DC) geliştirmiş, daha sonra 1886 yılında Nikola Tesla, dönüştürülmesi ve depolanması daha kolay olan alternatif akımı (AC) icat etmiştir.

2.2.2. Elektriğin Fiziği

Hücre metabolizmasından sinirsel uyarılara kadar elektriksel süreçler vücudumuz için hayati öneme sahiptir, ancak genellikle bunları elektriksel miktarlar veya kuvvetler açısından kavramsallaştırmayız. Çoğunlukla, elektrik bizim için soyut bir kavram olarak kalır ve bu konuda kavramlar oluşturmak ve sezgi geliştirmek için sayısal ve geometrik temsillerden faydalanılmaktadır [16].

Yük:

Benjamin Franklin 1700'lerin sonlarında, doğada "pozitif" ve "negatif" olmak üzere iki farklı elektrik yükü olduğunu ileri sürmüştür. Zıt yükler birbirini çekerken, aynı yükler birbirini iter. Belirli materyaller birbirine sürtündüğünde, sürtünme yoluyla bir tür yük aktarılabilir ve ardından aynı tür nesneleri (saç gibi) iten veya farklı tür nesneleri (örneğin polyester ve pamuk) çeken nesneleri "yüklü" hale getirebilir [16].

İlerleyen zamanlarda bilim insanları, zıt yükleri olan daha küçük bireysel parçalardan oluştuğu ve bu parçaların elektriksel çekimleriyle bir arada tutulduğu bir atom modelini keşfetmişlerdir. Daha spesifik olarak, atomun çekirdeği, kütlesinin büyük çoğunluğunu oluşturan pozitif yüklü protonları içerir ve bu protonlar negatif yüklü elektronlarla çevrelenmiştir. Çekirdek ayrıca, protonlara benzeyen ancak hiçbir yüke sahip olmayan nötronları da içerir. Proton ve elektronlar arasındaki elektriksel çekim, elektronların hızlı hareketlerinden kaynaklanan, yani kinetik enerjilerinden kaynaklanan doğal kaçış eğilimlerini dengeler. Çekirdekteki protonlar arasındaki itme, sadece çok kısa mesafelerde etkili olan güçlü nükleer etkileşim adı verilen başka bir kuvvet tarafından aşılabilir [16].

Bu model, çoğu materyalin belirgin elektriksel özellikler sergilememesinin nedenini ve belirli koşullarda nasıl "yüklenebileceğini" açıklar: Elektronlar ve protonlar tarafından taşınan zıt yükler büyüklük açısından eşdeğerdir ve elektronlar ve protonlar eşit sayıda bulunduğunda (normal bir atomda olduğu gibi), bu yükler çevrelerine etkileri açısından birbirini "iptal" eder. Bu nedenle, dışarıdan bakıldığında, tüm atom yüksüz, yani elektriksel olarak nötr görünür [16].

Ancak elektronlar bazen atomlarından kaçabilir ve başka yerlere seyahat edebilirler. Örneğin sürtünme, elektronların bir materyalden diğerine transfer edilmesine neden olabilir. Sonuç olarak, fazla elektrona sahip materyal negatif olarak yüklü hale gelir ve elektron eksikliği olan materyal (protonlarının pozitif yükü artık nötralize edilmediği için) pozitif olarak yüklü hale gelir [16].

Bazı atomlar veya atom grupları (moleküller), dengesiz sayıda proton ve elektron içerdikleri için doğal olarak bir net yüke sahiptir; bunlara iyon denir. Bir atomun veya molekülün bir iyon olma eğilimi elektronların çekirdekler etrafındaki

uzayda yer aldıkları geometrik özgünlüklerden kaynaklanır. Elektriksel olarak nötr moleküller bile, elektronların uzaydaki dağılımında dengesizliklerden kaynaklanan yüklü bir görünüme sahip olabilir. Yani, elektronlar molekülün bir tarafını diğer tarafına tercih eder. Bu moleküllerdeki elektriksel fenomenler, bildiğimiz tüm maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin çoğunu belirler [16].

Potansiyel veya Gerilim:

Aynı yüklerin birbirini itmesi ve zıt yüklerin birbirini çekmesi nedeniyle, yükün "yayılma" eğilimi vardır. Elektronların lokal birikimi veya eksikliği belirli bir "gerilim" oluşturur. Fiziksel olarak kısıtlanmadığı sürece, bu yükler lokal dengesizliği gidermek için hareket etme eğilimindedir. Fiziksel terimlerle ifade edildiğinde, bu gerilim seviyesi "enerji" olarak ifade edilir. Bu enerji (elektriksel potansiyel enerji), bir yük tarafından "taşınan" veya "sahip olunan" bir enerji olarak nitelendirilir ve bu, bir cismin yerden yüksek bir konumda olduğunda sahip olduğu mekanik potansiyel enerjiye benzer [16].

Bir nesnenin veya yükün belirli bir konumda taşıdığı potansiyel enerji, fiziksel olarak eşdeğer olan iki şekilde belirtilebilir: İlk olarak, nesneyi veya yükü o konuma taşımak için gereken işi temsil eder. Örneğin, bir nesneyi kaldırmak için iş yapmak gerekir; ayrıca, bir elektronu daha fazla elektron birikimine yaklaştırmak için iş yapmak gerekir. Alternatif olarak, potansiyel enerji, nesnenin veya yükün o konumdan hareket etmek için nesnelerle etkileşime girerek yapacağı işi temsil eder. Bir lastik bant tarafından asılı duran bir ağırlığın, yerçekimi ile aşağı doğru hareket etmek için lastik bandı germesi gibi, daha rahat bir konuma doğru hareket eden bir elektrik yükü, akıştığı telde ısı üreterek iş yapabilir [16].

Bu iş kavramı, elektrik enerjisinin transferi ve kullanımının fiziksel temsilidir. Bu "iş" i kullanışlı ve açık bir ölçü haline getirmek için bazı doğru tanımlamalar gereklidir. İlk olarak, yük ve potansiyelin toplam işe veya enerji transferine katkılarını ayırt etmek gereklidir. Açıkça, her iki yöndeki (daha yüksek veya daha düşük potansiyel) iş miktarı, kütle veya yük miktarına bağlıdır. Yine örnek olarak daha ağır bir ağırlık, bir lastik bandı daha fazla gerer hatta koparabilir. Benzer şekilde, daha büyük bir yük, daha düşük bir potansiyele hareket etmek için daha fazla iş yapacaktır [16].

Elektrik potansiyeli, ilgili konumda bir yük tarafından taşınan potansiyel enerjidir, referans bir konuma göre, yük miktarına bölünmüştür. Gayri resmi bir ifadeyle, potansiyel, herhangi bir yükün o konumda bulunmanın ne kadar rahat veya rahatsız edici olabileceğini temsil eder. Bir potansiyel veya gerilim pozitif veya negatif olabilir. Pozitif bir gerilim, pozitif bir yükün itileceği, negatif bir yükün ise konuma çekileceği anlamına gelir; negatif bir gerilim ise tam tersini ima eder [16].

Ayrıca, "referans" konumu mekanik bağlamda yerden yüksekliği belirtirken, elektrikte, potansiyeli sıfır olan elektriksel olarak nötr anlamına gelir. Teorik olarak, hiçbir diğer yükün kuvvet uygulamadığı bir yer ya da pratikte, toprak potansiyeli, pozitif ve negatif yüklerin dengeli olduğu ve etkilerinin birbirini iptal ettiği herhangi bir yerdir. Bir konumdaki potansiyelin tanımı, bu konum ve nötr konum arasındaki potansiyel farkıdır. Potansiyel ayrıca, hiçbiri nötr olmayan iki konum arasındaki fark olarak da belirtilebilir [16].

Elektrik potansiyel veya gerilim, yük başına düşen enerji olduğundan, gerilim birimleri enerji birimlerinin yük birimlerine bölünmesiyle eşdeğerdir. Bu birimler volt (V) olarak gösterilir [16].

Topraklama:

Elektrik devreleri bağlamında "toprak" terimi elektriksel olarak nötr bir yer anlamına gelir, yani sıfır gerilime veya potansiyele sahiptir ve ayrıca pozitif veya negatif yüklerin fazlalıklarını emme ve dağıtma yeteneğine sahiptir. Açık alandaki gerçek toprak, genellikle yeterince iletken olduğu için, herhangi bir yerel birikimden yükün uzaklaşmasına izin verme yeteneğine sahiptir. Devrelerdeki "topraklama" yükten toprağa bir yol oluşturarak oluşturulur. Evlerde, bu genellikle metal su borularına bir tel bağlayarak yapılır. Güç sistemlerinde, gerektiğinde büyük akımları iletebilen topraklama telleri özellikle toprağa gömülür [16].

İletkenlik:

Çoğu materyalde, elektronlar atomlara veya moleküllere protonlara olan çekimleri tarafından bağlanmıştır. Sürtünme gibi özel koşulların elektronların kaçmasına neden olabileceği gibi, bazı materyallerde, belirli bir sayıda elektron her

zaman serbestçe hareket edebilir. Sonuç olarak, malzeme elektrik iletebilir. Bir iletken malzemenin bir tarafına pozitif veya negatif bir yük uygulandığında, içindeki elektronlar kendilerini yeniden hizalarlar, karşılıklı itme özelliklerinden dolayı yayılırlar ve bu sayede yükü diğer tarafa ileterek iletkenlik sağlarlar. Bunun gerçekleşmesi için, bir elektronun çok uzaklara seyahat etmesi gerekmez. Her bir elektronun biraz hareket ettiğini, komşusuna itici bir kuvvet uyguladığını ve bu itmenin iletken malzeme boyunca bir domino dalgası gibi yayıldığı düşünülebilir [16].

Bu bağlamda en önemli iletken materyaller metallerdir. Metallerin mikroskopik yapısı, bazı elektronların her zaman serbestçe seyahat edebileceği şekildedir. Tüm metaller iletkenlik gösterir, ancak iletkenlikleri, elektronların seyahat edebilme kolaylığına veya hareketlerinin materyal içindeki mikroskobik kuvvetler ve çarpışmalar tarafından ne ölçüde engellendiğine bağlı olarak nicel olarak değişir [16].

Metallerin yanı sıra, elektrik ileten diğer tipte materyaller de vardır. Bunlardan biri, çözünmüş iyonlar içeren su veya diğer akışkanlardır. Bu durumda, akım taşımak için sıvı içinde hareket eden elektronlar değil, tüm yüklü moleküllerdir. Suyu iletken hale getirmek için küçük iyon konsantrasyonları yeterlidir; saf damıtılmış su elektrik iletmese de, normal musluk suyu ve yağmur suyu çok iyi iletkenlik gösterir [16].

Hava da dahil olmak üzere bazı materyaller, iyonizasyon yoluyla geçici olarak iletken hale gelebilir. Çok güçlü bir potansiyel fark veya yoğun ısı varlığında, bazı elektronlar moleküllerinden ayrılır ve serbestçe hareket edebilir hale gelir. Bu durumdaki bir gaz "plazma" olarak adlandırılır. Plazmalar, yıldızların içinde, nükleer füzyon reaktörlerinde veya floresan lambalarda bulunur. Ancak, iyonizasyon genellikle lokal ve geçicidir: belirgin bir yol boyunca meydana gelir, çünkü iyonlaşmış moleküller komşularını aynısını yapmaya teşvik eder ve yük, bu yol boyunca potansiyel farkı (yük dengesizliğini) nötralize edilene kadar akar. Bu, bir hava boşluğunda elektrik kıvılcımı, güç hatları arasındaki ark veya bir yıldırım çarpması gibi şeylerde olur [16].

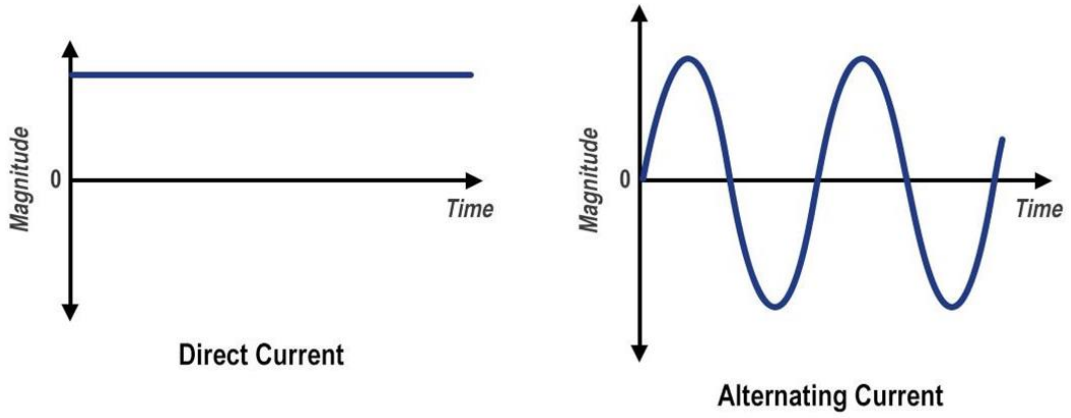
Akım:

Akım, bir materyaldeki belirli bir süre içinde belirli bir noktadan geçen elektron sayısı açısından ölçülür. Başka bir deyişle, akım bir yük akış hızıdır. Akım

genellikle I veya i sembolleriyle gösterilir ve amper (A) birimiyle ölçülür. Akım, yük akış hızını temsil ettiğinden, akımın birimleri, yük birimlerinin zaman birimlerine bölünmesine eşittir [16].

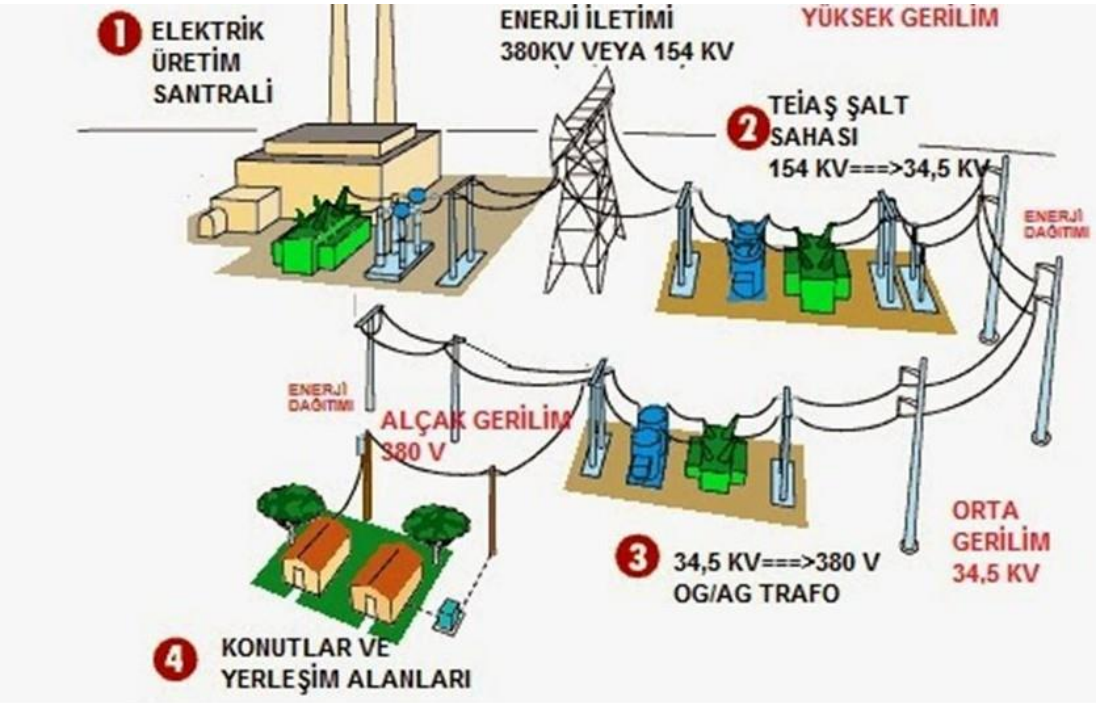
Genellikle akımın ışık hızında ilerlediği söylenir. Bu tam olarak doğru değildir (ışık hızının farklı materyallerde farklılık gösterdiği gibi), ancak genellikle akımın çok hızlı ilerlediğini bilmek yeterlidir. Kavramsal olarak, bu yüksek hızda seyahat eden şeyin, akımın darbesi veya sinyali olduğunu kabul etmek önemlidir, bu sinyalin taşıdığı şey ise tekil elektronlar değildir. Akımın akması için, tüm elektronların iletkenin bir ucundan fiziksel olarak ayrılarak diğer ucuna varması gerekmez. Bunun yerine, bir metal iletken içindeki elektronlar daha çok rastgele bir şekilde hareket eder, farklı yönlere doğru sallanırlar ve bu hareketleri malzemenin sıcaklığıyla ilişkili bir hızda gerçekleşir. Daha sonra, elektronlar elektrik alanı tarafından bir yönde "itilir". Her bir elektronun uzun bir mesafe katetmesi gerekmez, sadece komşusunu biraz itmek için yeterli olması yeterlidir, bu da sırasıyla komşusunu itmek için yeterli olur, ve böyle devam eder. Bu zincirleme reaksiyon, yükün daha düzenli bir hareketini oluşturur, normalde rastgele hareketin aksine, makroskopik olarak akım olarak gözlemlenir [16].

Elektrik enerjisi, alternatif akım (alternating current, AC) ve doğru akım (direct current, DC) olarak iki şekilde üretilir. Zaman içinde yönü ve şiddeti periyodik olarak değişen akıma AC denir. Sanayi, ev, ofis binalarına enerji ulaştırmak için kullanılır. DC devresinde ise, elektronlar eksi veya negatif kutuptan çıkar ve artı veya pozitif kutba doğru hareket eder. DC, elektrik yük taşıyıcılarının, yani elektronların tek yönlü bir akışıdır. Genellikle DC'nin temel kaynağı, piller, elektrokimyasal ve fotovoltaik hücreler tarafından üretilir. DC ve AC'nin şiddetlerinin zaman içindeki değişimi Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Doğru akım ve Alternatif akımın şiddetlerinin zaman içindeki değişimi

Elektrik enerjisinin uzak mesafelere ekonomik olarak iletilebilmesi için yüksek gerilimlere ihtiyaç vardır. Belirli bir güç, mesafe ve kayıp için iletim hattının kesiti, kullanılan gerilimin karesi ile ters orantılı olarak değişir. DC'nin elde edilmesinde kullanılan dinamolar yüksek gerilimli olarak yapılamazlar. Komütasyon zorluklarından dolayı, ancak 1500 V'a kadar DC üreten jenaratörler yapılabilmiştir. AC üreten alternatörlerden ise 230, 6300, 10500 ve 20000 V gibi yüksek gerilimler elde edilebildiği gibi, transformatör denilen statik makinelerle bu gerilimleri 60 kV, 100 kV ve daha yüksek gerilimlere yükseltmek de mümkündür. Bu nedenle elektrik enerjisinin taşınması işi, yüksek gerilimli AC ile yapılır. Hattın sonundaki transformatörler ile bu yüksek gerilim, kullanma gerilimine düşürülür. Bu nedenlerden dolayı, dünya genelinde kullanılan elektrik enerjisinin %90'ından fazlası AC olarak üretilmektedir. DC'nin tercih edildiği veya kullanılmasının gerekli olduğu yerler de vardır. Elektrikli taşıtlar, maden kaplamacılığı ve madenlerin elektrikle arıtılması, tüm elektronik sistemler ve haberleşme sistemlerinde DC kullanılır. Bu gibi yerlerde DC genellikle, AC'nin DC'ye çevrilmesi ile elde edilir. Şekil 2.3'te elektriğin üretiminden evlerde kullanılmasına kadar oluşturulan iletim ağı gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Elektriğin iletim ve dağıtımı

Direnç:

Direnç, elektrik akımına karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilebilir. Direnç, bir nesnenin malzeme bileşimine ve şekline bağlıdır. Bir tel için, direnç uzunlukla artar ve kesit alanıyla azalır. Bu, parçacıkların iletken materyalde ilerlerken diğer parçacıklarla etkileşime girmesi veya çarpışması olarak açıklanabilir. Ortaya çıkan kuvvetler, yük taşıyıcılarının hareketini engelleme eğilimindedir ve geçiş hızını sınırlar. Bu kuvvetler, elektronların ve çekirdeklerin farklı uzamsal düzenlemelerinden kaynaklanan farklı materyaller için farklılık gösterir ve materyalin iletkenlik yeteneğini belirler. İletkenlik ise, dirençliliğin tersidir [16].

2.3. ELEKTRİĞİN DOKULAR VE SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİSİ

Elektrik, organizmada bulunan çok sayıda biyolojik süreç için son derece önemlidir. İnsan vücudunda, elektrik akımı neredeyse tüm duyusal veya algılama süreçlerinden sorumlu olup, kalbin ritmini, nörolojik süreçleri ve düşünmeyi kontrol eder. Fizyolojik süreçler üzerinde elektriğin uygun rolünü belirleyen parametreler gerilim, akım ve elektriğin frekansıdır [17].

Elektriğin insan vücudu üzerindeki etkisi, elektriğin geriliminin büyüklüğüne, akım türüne, etkilenen dokuya, maruz kalma süresi gibi birçok faktöre bağlı olarak farklılık gösterir. Bazı elektrik parametreleri, uygun bir şekilde bir araya getirildiğinde, vücut için iyileştirici bir rol bile oynayabilir. Elektriğin iyileştirici ve yıkıcı etkileri arasındaki sınır ise genellikle belirsizdir [17].

Elektrik akımı, dokulardan geçen yük akışı olarak tanımlanır. Gerilim ise, en az iki farklı potansiyel arasındaki fark olarak tanımlanır, bu da elektrik akımının vücut üzerinden akmasına olanak tanır, ancak elektrik akımının yoğunluğu dokuların elektrik direnci tarafından belirlenir. Vücut empedansı, uygulanan AC'nin direnci ve frekansı ile tanımlanır. Vücut direnci elektrik akımının geçtiği dokulara göre değişiklik gösterir. Empedans, uygulanan AC'nin frekansına bağlıdır. Frekans, saniyede gerçekleşen alternatif periyodik gerilim değişikliklerinin sayısıdır. Evlerdeki frekans 50-60 Hz'dir ve bu frekansta küçük değerlerdeki akım bile elektrik şokuna neden olabilir. Öte yandan, çok yüksek bir AC frekansının iyileştirici özellikleri olabilir [17].

Akımın zaman periyodu, dokular tarafından emilen enerjiyi belirler. Zaman ne kadar uzun olursa, emilen enerji ve dolayısıyla vücuda verilen zarar o kadar büyük olur. Elektrik akımının yolunun belirlenmesi, empedans ve temas geriliminin konumu tarafından belirlenir. En tehlikeli rota genellikle kalbi içeren rota olsa da, elektrik genellikle diğer organlara da zarar verebilir. Elektriğin dokulara olan etkisini çevresel sıcaklıklar, nem gibi diğer değişkenler de etkiler [17].

Akımın etkileri, vücut içinden geçen elektrik akımının miktarı tarafından belirlenir. Bunlar genellikle iki sürece ayrılabilir: dokuların ısınması ve kas ve sinirlerin uyarılması. Fizyolojik etkiler, nispeten küçük miktarlarda akım ile meydana gelir. Tablo 2.1'de AC türü elektriğin vücut üzerine etki ettiği eşik değerler gösterilmektedir [17].

Tablo 2.1. 60 Hz alternatif akımın insan vücuduna tahmini etkileri [17]

Etki	Akım
Zor fark edilebilir	1 mA
Ortalama bir erkeğin kavrayabileceği ve "bırakabileceği" maksimum akım	16 mA
Solunum kaslarının felci	20 mA
Ventriküler fibrilasyon eşiği	100 mA
Kalp durması ve iç organ hasarı	2 A

Vücut içinden elektrik akımının geçişi, akımın türüne (AC veya DC) ve vücudun direncine (empedansına) bağlıdır. Vücudun direnci organların göreceli konumundan dolayı oldukça karmaşıktır. Örneğin, kuru cilt, 10^5 Ω'dan daha fazla dirence sahip olabilir, ancak iç organlar nemli ve tuzlu dokular olması nedeniyle 300 Ω civarındadır. Bu nedenle, cilt, elektrik akımına karşı vücudu korur. Kuru cilt, stratum corneum'daki kalın ölü hücre tabakası nedeniyle görece yüksek dirence sahiptir, ancak yüksek gerilim ile cilt yaralanması, kesik, derin bir sıyrık veya suya batma gibi cilt yaralanması durumunda bu direnç aşılabilir. 500 V veya daha fazla gerilimde, cildin yüksek direnci kırılır. Vücudun direnci önemli ölçüde azalır, bu nedenle herhangi bir gerilimde akım artar. Bu, kaslarda, sinirlerde veya diğer organlarda derin doku yaralanmasına neden olabilir. Büyük gerilim uygulanması, elektroporasyon veya hücre zarı hasarına neden olabilir. Elektroporasyon, elden ele (veya baştan ayağa) 20 kV'de, ancak bir çocuğun ağzında kablo ucu ile 120 V'de gerçekleşir. Elektroporasyon, doku başına uygulanan gerilimle tanımlanır [17].

Dokulardan geçen elektrik akımının sonucunda dokunun direnci ile orantılı olarak ısı meydana gelir. Joule yasasına göre, vücutta üretilen ısı, gerilimin karesiyle orantılıdır, ancak fizyolojik etki, akımın uygulanma şekline, doğru veya alternatif olup olmadığına bağlı olarak değişir. Evlerde kullanılan elektrik frekansında (50 Hz) akım yoğunluğu yeterince yüksekse, temas kurulduğunda sürekli olarak elektrik şoku hissedilebilir. Elektrik şokunda kas kasılması ve istemsiz hareketlerin kaybı görülür. Yeterince yüksek bir elektrik akım amplitüdü ile ventriküler fibrilasyon meydana gelir. DC akımda, devre tamamlandığında veya koparıldığında elektrik şoku hissedilir, temas sürdürülürken şok hissi yoktur [17].

2.4. YANIK PATOFİZYOLOJİSİ

Yanık, termal, kimyasal ajanlar veya elektrik ile doğrudan ya da dolaylı temas sonucu epidermis, dermis veya daha derin dokularda meydana gelen hasar olarak tanımlanır. Günümüzde bireylerin farkındalık düzeyinin artmasına ve önleyici teknolojilerin geliştirilmesine rağmen, yanık hala önemli bir mobidite ve mortalite sebebidir. Dünya genelinde her yıl 6 milyondan fazla insan yanıklara maruz kalmaktadır. Yanıklara bağlı mortalite oranının %6-7 olduğu bilinmektedir. Yanığa bağlı ölümlerin %75'i, olay yerinde veya sağlık kuruluşuna transfer esnasında meydana gelmektedir. Öte yandan hastanede gerçekleşen ölümlerin en büyük nedeni enfeksiyonlardır. Yanıkta mortaliteyi etkileyen faktörler yanan toplam vücut yüzey alanı, hastanın yaşı, yanık etkeni ve inhalasyon hasarının eşlik etmesidir.

Yanık travmaları genellikle bir kazadan veya ihmalden kaynaklanır. Yanıkların yaklaşık %80'i bireysel hatalardan kaynaklanmaktadır ve %70'i evde meydana gelir. Yanık epidemiyolojisi yaşla değişmektedir. Çocuk yaş grubu ve yaşlı nüfus daha fazla risk altındadır. Yanık vakalarının yarısından fazlası çocuk yaş grubundadır ve yaklaşık %19'u 5 yaşın altındadır. Sıcak su ve alev yanıkları en sık görülen yanıklardır, bunları elektrik ve kimyasal yanıklar izler. Çocuk yaş grubunda görülen yanıkların %70-80'i sıcak su yanıklarıdır. Çocuklarda elektrik yaralanmaları yetişkinlere göre daha az görülmesine rağmen, ampütasyon oranları, morbidite ve mortaliteleri daha yüksektir. Yanık, dokularda lokal ve sistemik yanıta neden olur [4, 18].

2.4.1. Yanığın Lokal Etkileri

Yanıklar, deri ve altında bulunan dokularda hasara neden olur. Deri, fizyolojik bir bariyer olması nedeniyle genellikle hasarın daha derin dokulara yayılmasını sınırlar. Etkenin cinsi, ısısının yüksekliği, etken tarafından iletilen enerji ve etkene maruz kalma süresi ve yanığın lokalizasyonu hasarın şiddetini belirleyen faktörlerdir.

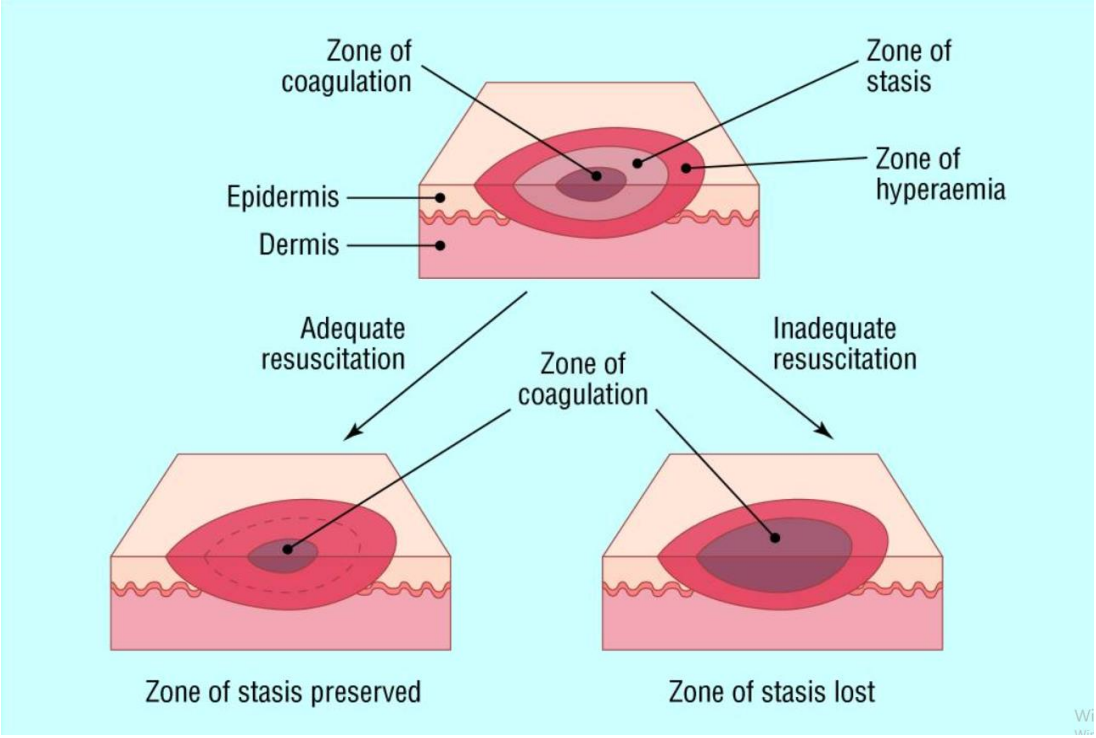
Yanığın lokal etkileri Jackson tarafından 1947'de yanık hasar modeli ile tanımlanmıştır. Buna göre tam kat yanıklarda koagülasyon zonu, staz zonu ve hiperemi zonu olarak üç ayrı bölge meydana gelir.

Koagülasyon (Nekroz) zonu: Yaralanma anında oluşan geri dönüşümsüz doku hasarıyla karakterize nekroz alanını temsil eder.

Staz zonu: Koagülasyon zonunu çevreleyen ölü ve canlı hücrelerin birlikte olduğu alandır. Kapillerler ve venüllerin dilatasyonu, vasküler endotel hücrelerinin şişmesi ve hücreler arası bağlantıların zayıflaması, vasküler hücre geçirgenliğinin artması ile aynı zamanda vasküler endotel hücrelerinin çeşitli enflamatuar mediyatörler salarak enflamatuar yanıtı şiddetlendirir. Yanık yaralanmasının erken evresinde, nötrofiller kan damarlarından interstisyel boşluğa geçerek serbest oksijen radikalleri ve proteolitik enzimler salgılar ve hasarın ilerlemesine neden olur. Yanık sonrasında, eritrositlerin lümende birikmesi nedeniyle yavaş yavaş mikrotrombüsler gelişir. Bu mikrotrombüs gelişimi arttıkça dokunun perfüzyonu bozulur ve nekroz derinleşir. Staz zonu, yetersiz tedavi ile nekroza gidebilir veya uygun şekilde perfüzyon sağlanırsa iyileşebilir.

Hiperemi zonu: Yanık bölgesinin etrafında hiperemi şeklinde görülür. Bu zonda aşırı atmış inflamatuar yanıta bağlı olarak vazodilatasyon görülür. Bu hiperemi bir kaç günde düzelir. Bu bölgeye yönelik bir tedavi uygulanmasına gerek yoktur [18-22].

Şekil 2.4'te yanığın lokal etkileri Jackson modeli ile gösterilmiştir.

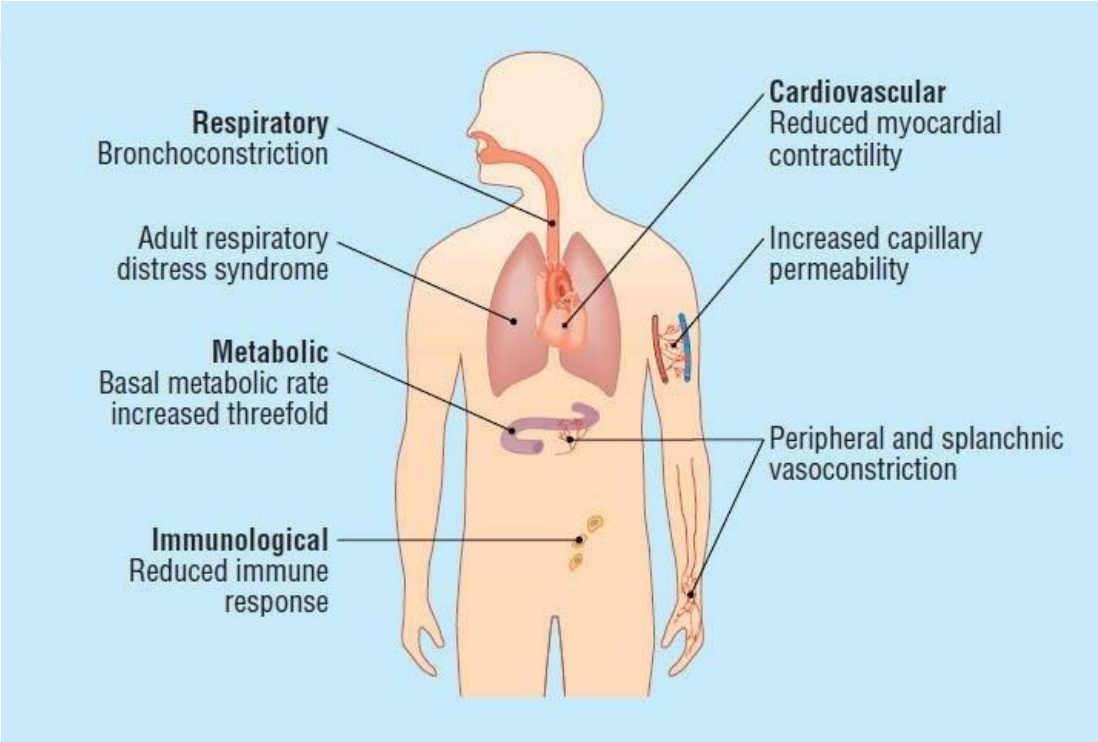


Şekil 2.4. Jackson'ın yanık modeli [19]

2.4.2. Yanığın Sistemik Etkileri

Çocuklarda toplam vücut yüzey alanının %15'ten fazlasını içeren yanıklar, belirgin hipovolemi ile birlikte sitokinler ve inflamatuar mediyatörlerin salınımına neden olur. Bu tablo yanık şoku olarak tarif edilir.[23] İnflamatuar mediyatörlerin salınımı ile vasküler membranların bütünlüğü bozulur, geçirgenliği artar ve damar dışına plazma ekstravazasyonu ile sistemik inflamatuar yanıt ve jeneralize ödem gelişir. Plazma hacminin azalmasından dolayı kalp debisinde azalma ve idrar çıkışında azalma gibi hemodinamik değişiklikler görülür [20].

Şekil 2.5'te yanığın sistemik etkileri gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Yanığın sistemik etkileri

Kardiyovasküler Sisteme Etkileri:

Yanık şokunda, doku perfüzyonunun bozulması sonucu dokulara yeterli oksijen ve besin maddesi sağlanamaz ve metabolik atıklar uzaklaştırılamaz. Pulmoner ve sistemik vasküler direnç artar ve miyokard depresyonu meydana gelir. Bu da, inflamatuar yanıtın daha da kötüleşmesine neden olur ve çoklu organ yetmezliği riskini artırır. Ekstrasellüler dokuda oluşan ödem yaralanmadan sonraki dört saat içinde maksimum düzeyinin %90'ına erişir ve hızla hipovolemi gelişir. Hipovolemi nedeniyle

kanın viskozitesi artar ve mikrosirkülasyon bozulur. Bu esnada yeterli sıvı replasmanı yapılmalıdır. Başarılı bir resüsitasyon ile viskozitedeki artış önlenebilir, kapiller damarlar 18-24 saat içinde yeterliliklerini yeniden kazanabilir [20, 24].

Solunum Sistemine Etkileri:

İnhalasyon hasarı termal yanıklarda mortaliteyi belirleyen ana faktörlerdendir. İzole termal yanıklarda %1-2 olan mortalite oranı inhalasyon hasarının eklenmesi %40'a çıkabilir. Ciddi yanıklarda, inhalasyon hasarı olmasa bile, salınan inflamatuar mediyatörler, bronkokonstriksiyona ve damar geçirgenliğinin artmasına neden olur. Bu, respiratuvar distres sendromunun gelişmesine yol açabilir. Aynı zamanda yanık hastalarında gelişen ödem, intravasküler hipovolemiye neden olur, bu da dokuda hipoksiye ve laktik asit oluşumuna yol açar. Laktik asitin dokuda aşırı birikimi pH'nın düşmesine neden olur ve kapiller geçirgenliğin daha da artmasına yol açar. Doku düzeyindeki asidozu kompanse etmek için hastanın solunum çabası ve sayısı artar [20, 24].

Gastrointestinal Sisteme Etkileri:

Yaygın ödem ve travmaya yanıt olarak sempatik sistemdeki hiperaktivasyon, splanknik kan akışını azalmasına, barsakların peristaltizminin yavaşlamasına ve midenin boşalmasının gecikmesine neden olur. İlk 72 saat içinde paralitik ileus ve barsakların bariyer fonksiyonlarında bozulma sonucunda bakteriyel translokasyonda artış meydana gelebilir [24].

Kas ve İskelet Sistemine Etkileri:

Vücut yüzey alanının %20-30'undan fazlasında meydana gelen yanıklar, iskelet kaslarının hücreler arası transmembran potansiyellerinde azalmaya yol açar. Bu durum, yanık alanının yanı sıra, yanık alanından uzakta da görülür. Hasarlı ve sağlam iskelet kaslarının hücre membranlarının, membran potansiyelinde kısmi depolarizasyon gösterdiği gösterilmiştir. Zar potansiyelindeki düşüş ile birlikte, hücre içindeki su ve sodyum miktarı artar. Benzer değişiklikler kalp, karaciğer ve endotel hücrelerinde de bildirilmiştir [25].

Yanık sonrası protein yıkımının artması, vücut kütlesinin azalmasına ve kas atrofisine yol açar. Vücut kütlesi kaybının büyüklüğüne bağlı olarak, artmış enfeksiyon oranları ve gecikmiş yara iyileşmesi, pnömoni ve basınç yaraları riskinde artış görülür. Vücut kütlesi kaybı %40'a ulaştığında, yanık hastalarının mortalitesi %50-100 arasında artar [20].

Endokrin ve Metabolik Etkiler:

Yanık sonrası artan katekolaminler hipermetabolizmayı tetiklerken, kortizol, adrenalin ve glukagon salgılarının artması, artan proinflamatuar sitokinlerle birlikte, protein ve yağ sentezini engeller. Anabolik hormonların baskılanması sonucu hipermetabolik bir durum meydana gelir. Yanık hastalarında, alanın büyüklüğüne bağlı olarak değişen metabolizma artışına bağlı oldukça fazla enerji ihtiyacı vardır. Vücut yüzey alanının %10'dan azı yanmış olan hastalarda, istirahatte enerji harcaması fizyolojik seviyelerde kalır. Ancak %40'ı aşan yanıklarda, enerji ihtiyacı erken dönemde iki katına çıkar. En yüksek değere ulaştıktan sonra, ciddi yanıklı hastalarda istirahatteki metabolizma hızı yavaş yavaş azalır. Termal yanıklardan 6 ay sonra fizyolojik değerin %140'ına, 9 ay sonra %120'sine, 12 ay sonra %110'una ulaşır [24, 26].

Vücudun hipermetabolik yanıtının, hücresel ve sistemik düzeyde olumsuz etkileri vardır. Hücresel düzeyde, ADP'nin fosforilasyonu ile ATP oluşturulur ve ısı üretimine neden olur.[27] Aynı zamanda, artan enerji talebi oksijen tüketimini artırır. Sistemik düzeyde, büyük organların (kalp, karaciğer, iskelet kası, deri), bağışıklık sistemi ve transmembran taşıma sisteminin yapısı ve işlevi, doku iyileşmesi engellenir. Bu da enfeksiyon riskini artırır, rehabilitasyonu zorlaştırır ve hastaların topluma yeniden entegrasyonunu geciktirir [28].

Ciddi yanıklarda, hipermetabolizma ve hücrelerdeki oksijen eksikliği, glukozun laktik aside dönüştürüldüğü anaerobik glikolizi tetikler. Ayrıca, ciddi yanıklı hastalarda glukoneogenez yolunun aktive edilmesiyle artmış glukoz üretimi görülür. Bu durumda, amino asitler ana enerji kaynağı haline gelir, bu da yeni proteinlerin oluşturulması için amino asit eksikliğine ve üre şeklinde azot atımının artmasına yol açar. Yanık sonrası 3 yıl boyunca glukoz metabolizması bozuklukları görülebilir [20, 29].

2.4.3. Elektrik Yanıklarının Patofizyolojisi

Dokular üzerinden geçen elektrik akımı, doğrudan proteinler, hücre zarları ve diğer biyomoleküler yapılar üzerindeki elektrik kuvvetlerinin etkileri ile doku hasarına neden olabilir. Ayrıca, elektriğin dokularadan geçerken açığa çıkardığı ısı aracılığıyla da doku hasarı meydana gelir. Hasarın şiddetini gerilimin türü (yüksek veya düşük), akımın büyüklüğü, akım türü (alternatif veya doğru), akımın geçtiği yol, temas süresi, temas noktasındaki direnç ve bireysel duyarlılık belirler. Elektrik yaralanmaları gerilimin büyüklüğüne göre düşük (<1000 V) ve yüksek gerilim (≥1000 V) olarak sınıflandırılır. Düşük gerilimli yaralanmalar genellikle temas noktası alanıyla sınırlı olup, yüksek gerilimli yaralanmalar hayatı tehdit eden daha ciddi hasara neden olurlar. Düşük gerilimli bir yaralanma da daha derin dokulara penetre olabilir, ancak yaralanma alanı daha sınırlıdır. Buna karşılık, yüksek gerilim ile temas sonucu meydana gelen yaralanmalar, genellikle derin yapıların (kas veya kemik) içine uzanır ve buzdağının görünen ucu gibi temas noktasının altında proksimal ve distale yayılır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ev içi tesisatı 120 V'da AC ile çalışır. Ülkemizde ise bu değer 220 V (AC)'dur. Bu nedenle, endüstriyel alanlar dışındaki kapalı mekânlarda meydana gelen neredeyse tüm yaralanmalar düşük gerilimlidir. Yüksek gerilimli yaralanmalar daha yaygın olarak endüstriyel/fabrika ortamlarında meydana gelmektedir [22].

Temas sonucu dokularda meydana gelen ısı, doku hasarının büyüklüğünde kritik bir faktör olan temas noktalarından distale doğru artmaz. Klinik olarak, bilek ve ön kol bölgesinde doku hasarı ile ilişkili olarak nispeten normal ve sağlam parmakların görülmesi ve sonrasında ön kol seviyesinde ampütasyona neden olması sık görülmektedir [22].

Dünyada kullanılan elektriğin çoğunluğu ve bu elektriğin neden olduğu yaralanmaların çoğu, saniyede 60 devir yapan ve saniyede 120 kez kutup değiştiren ticari AC akımından kaynaklanmaktadır. DC'nin güç için kullanıldığı istisnalar, endüstriyel ortamlar, bilgisayarlar, ışık yayan diyotlar (LED'ler), güneş pilleri ve elektrikli araçlar gibi alanlarda görülmektedir [22].

Akımın yolu genellikle belirsiz olsa da, sonuç üzerinde önemli bir etkisi vardır. Kalbin iletim sistemi veya merkezi sinir sistemi gibi kritik bir yol boyunca geçen akım,

kalp ve beyin ile ilgili mortalitesi yüksek ciddi komplikasyonlara yol açabilir. AC, kas spazmlarına neden olur, bu da kurbanı kaynağın dışına fırlatabilir veya onu bırakamama (don't let go) fenomeni olarak bilinen devam eden bir temas içine çekebilir. Bu durumda, düşük gerilim elektrik akımı ile temas eden kişide, fleksör ve ekstansör kaslar aynı anda şiddetle kasılır. Fleksör kaslar daha güçlü olduğu için kişinin istem dışı iletkeni bırakamamasına neden olur. Temas devam ettiği sürece, kişi iletkeni daha sıkı kavramaya devam eder, temas direnci düşer, bu nedenle akım devam eder, sinirleri ve kasları tekrarlayarak uyarır ve sürekli kasılmalara neden olur. Elin iletkeni istemsiz olarak kavramasına ve kilitlenmesine neden olabilir. Bu akım miktarına "bırakamama akımı" denir. Örneğin, çoğu yetişkin, 6 mA'den daha az akımla enerjilendirilmiş kablo ile temas kurmayı bırakabilirken, 22 mA'de, yetişkinlerin %99'undan fazlası teması bırakamaz. Bu nedenle evlerde kullanılan düşük gerilim elektrik ile temas sonucunda ölümle sonuçlanan ciddi elektrik yaralanmaları görülebilir [17, 22].

Alternatif akımda, bırakamama eşiği <100 mA'dır. DC akım için ise bu eşiğin 300 mA olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca, 2 saniyeden uzun süren DC akım şokları için ventriküler fibrilasyon eşiği 150 mA'dır. AC akımda aynı etki, 50 mA akımda görülebilir [17].

Yüksek gerilime maruz kalan insanların yaklaşık yarısında bilinç düzeyinde değişiklikler bildirilmiştir, bu da temas süresinin uzamasına katkıda bulunur. Temas noktasındaki direnç, ohm cinsinden ölçülür ve ağır şekilde nasırlaşmış eller veya ayaklar için çok kuru kış hava koşullarında yaklaşık 100.000 ohma kadar düşebilirken, cilt nemli olduğunda 2500 ohmdan daha az olabilir [22].

Klinik açıdan elektrik yaralanmaları, vücuttan akımın geçişine bağlı gerçek elektrik yaralanması, akımın kaynaktan bir nesneye geçerken oluşturduğu elektrik arkı sonucu oluşan ark yaralanması, oluşan yüksek ısıya bağlı olarak giysilerin veya çevrenin tutuşmasından kaynaklanan alev yaralanması ve yıldırım çarpması şeklinde dört şekilde meydana gelir [22].

Yüksek gerilim elektrik akımının taşındığı hatlarda bazı noktalarda arklar oluşabilir. Bu durumda, kişi elektrik teline temas etmeden, arkta meydana gelen yüksek enerji birikimine bağlı olarak doğrudan ya da dolaylı olarak (ark tarafından

kıyafetlerin yanması ile) ciddi yanıklar oluşabilir. Elektrik arkında ortamın ısısı 4000°C'ye kadar çıkabilir. Elektrik arkı, vücut üzerinden gerçek akım geçişi olmadan flaş (parlama) tipi bir yaralanmaya neden olur. Bu durum genellikle elektrik kaynağına yakın metal nesnelerle çalışan elektrikçilerde görülür. Ayrıca, yüksek gerilim arkı şok dalgaları üretebilir, bunlar bir kişiyi fırlatabilecek, kulak zarlarını patlatabilecek veya hatta iç organların kontüzyonuna neden olabilecek kadar güçlü olabilir. Bu nedenle kemiklerde kırıkların da eşlik ettiği künt yaralanma şeklinde travmaya neden olabilir. Bu yaralanmalar arasında, zamanla izlenmesi gereken durumlar (miyoglobinüri, koagülopati, kompartman sendromu vb.) bulunmaktadır [17, 22].

En düşük doku direnci sinirlerdedir. Bunu sırasıyla, kan damarları, kaslar, cilt takip eder ve en yüksek dirence sahip doku ise kemiklerdir. Teorik olarak yüksek dirence sahip dokular daha fazla ısı üretir. Kemik üzerindeki periost dokusunda ısı artışı nedeniyle, periost dokusunda yüzeysel dokudan daha ciddi bir yaralanma görülebilir. Bu nedenle kemiğe yakın olan derindeki kaslar, yüzeyel kaslara göre ısıdan daha fazla etkilenirler [22].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ETİK KURUL ONAYI

Araştırma için önce hastanemizin Tıpta Uzmanlık Eğitim Kuruluna (TUEK) başvuruldu. Gerekli onay alındıktan sonra hastanemizin etik kuruluna başvuruldu.

Çalışma için gerekli etik kurul onayı Sağlık Bakanlığı Ankara Bilkent Şehir Hastanesi 2 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'nın 09/08/2023 tarihli toplantısında E2-23-4628 numaralı kararı ile alınmıştır.

3.2. VERİLERİN TOPLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmamız Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Çocuk Cerrahisi Kliniği bünyesinde bununan Çocuk Yanık Merkezinde yapılmıştır. Çalışmaya Çocuk Yanık Merkezinin açıldığı tarih olan 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında yatarak tedavi edilen tüm çocuk yanık hastaları dahil edildi. Hastaların elektronik ve fiziki dosyaları retrospektif olarak incelendi.

Tüm hastaların yaş, cinsiyet, yanık nedenleri, yanık yüzey alanları, hastanede yatış süreleri, greft yapılma oranları, ampütasyon sayıları, uzun dönemde sekel görülme oranları ve mortalite değişkenleri araştıldı. Hastaların verileri daha önce hazırlanan excel dosyasına (hasta veri kayıt formu) işlendi. Bu hastalar içerisinde elektrik yaralanmaları tespit edildi. Önce tüm hastaların demografik ve klinik verileri araştırıldı. Sonra elektrik yaralanması sonucu yatan hastaların demografik ve klinik verileri daha ayrıntılı bir şekilde incelendi. Elektrik yaralanması sonucu yatan hastaların (elektrik grubu) verileri diğer nedenlerle yatan hastaların (diğer yanık grubu) verileri ile karşılaştırıldı. Her iki grup arasındaki demografik ve klinik farklılıklar araştırıldı.

Hastalar, daha sonra cinsiyetlerine göre erkek ve kız olarak ikiye ayrıldı. Her iki cinsiyet arasındaki farklılıklar araştırıldı. Sonra hastalar yaş gruplarına göre (0-4, 5-8, 9-14 ve 15- 18 yaş) gruplandırılarak oluşturulan gruplar karşılaştırıldı. Yaş gruplarına göre hastaların demografik ve karakteristik özellikleri araştıldı. Yaş gruplarına göre elektrik yaralanmalarının sıklıkları, gerilim türleri, yapılan cerrahi

girişim sayıları, hastaneden yatış süreleri, greft yapılma oranları, ampütasyon sayıları, uzun dönemde sekel görülme oranları ve mortalite değişkenleri araştırıldı.

Daha sonra elektrik grubu kendi içerisinde düşük gerilim grubu (<1000 V) ve yüksek gerilim grubu (≥1000 V) olarak ikiye ayrıldı. Grupların arasında demografik ve klinik veriler karşılaştırıldı.

Çalışmaya dahil edilme ve edilmeme kriterleri aşağıda verilmiştir.

Araştırmaya dahil olma kriterleri;

1. Elektrik yaralanması ve diğer yanık nedenleri ile çocuk yanık merkezimizde 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında tedavi edilmiş olmak

Araştırmaya alınmama kriterleri;

1. Elektrik yaralanması ve diğer yanık nedenleri ile çocuk yanık merkezimizde 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında tedavi edilmemiş olmak

3.3. VERİLERİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Verilerin analizinde Statistical Package for Social Sciences (SPSS), version 25, (Chicago, USA) kullanıldı. Nümerik değerler olan yaş, hastanede yatış süresi, toplam yanık yüzey alanları (TYYA, m2), greft ve ampütasyon sayıları ortalama (±SD) ve ortanca (çeyreklerarası aralık) olarak ifade edildi. Bu değerlerin önce normal dağılıp dağılmadıkları normallik testleri ile (Kolmogorov-Smirnov veya Shapiro-Wilk) ile araştırıldı. Tanımlayıcı istatistiksel analizde ise normal dağılan değişkenler için Student T testi, normal dağılmayanlar ise Mann-Whitney U testi kullanıldı. Kategorik değişkenler olan cinsiyet, yanık nedeni, olayın gerçekleşme şekli, ek travma varlığı, greft ve ampütasyon yapılıp yapılmadığı, yaralarının kapatılmasında negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYKT) ve hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) uygulanıp uygulanmadığı, sonraki dönemde katarakt ve kontraktür gelişip gelişmediği, n (%) olarak ifade edildi. Kategorik değişkenlerin analizinde ise Pearson Ki-kare veya Fischer's exact testleri kullanıldı. İleri analizler için hipotez testleri, korelasyon ve regresyon testleri ile veriler analiz edildi. Tüm değişkenler için $p<0.05$ anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında hastanemiz çocuk yanık merkezinde yanıklar nedeniyle yatırılıp tedavi edilen 743 çocuk hasta dahil edildi. Bu hastalardan 64'ü (%8,6) elektrik yaralanmaları nedeniyle yatırılarak tedavi edilen hastalardı. Belirtilen süre içerisinde yatırılarak tedavi edilen 743 hastanın 455'i (%61,2) erkek, 288'i (%38,8) kız cinsiyette, ortalama yaşı 4,94 yıl, hastanede ortalama yatış süresi 16,38 gün idi.

Yanık merkezinde tedavi edilen toplam 743 hastanın 622'si (%83,7) Türk vatandaşı, 121'i (%16,3) yabancı uyruklu idi. Bu hastaların 505'i (%68) sıcak sıvılar ile temas sonucu, 132'si (%17,8) alev yanıkları, 64'ü (%8,6) elektrik yaralanması, 30'u (%4) sıcak cisimler ile temas sonucu ve 12'si (%1,6) kimyasal maddeler ile temas sonucu yanmıştı. Hastaların ortalama TYYA %11 idi. Hastaların 40'ında (%5,4) tedavi sürecinde entübasyon ihtiyacı oldu. Derin yanıkları olan 170 (%22,9) hastaya greft yapıldı. Hastaların 11'ine (%1,5) ise toplam 15 ampütasyon yapıldı. Toplam 743 hastanın 12'sine (%1,6) NBYKT, altısına (%0,8) HBOT uygulandı.

Hastaların 723 %97,3'ü evlerine taburcu edilirken, altısı (%0,8) tedaviyi red formu imzalayarak ailelerinin isteği ile haliyle taburcu edildi. Bu hastalardan 14'ü (%1,9) kaybedildi (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Yanık merkezinde tedavi edilen hastaların demografik ve klinik verileri

		Toplam
Cinsiyet, n(%)	Kız	288 (38,8)
	Erkek	455 (61,2)
Yaş, ortalama yıl (Min-Maks;±SD)		4,94 (0,01-18,36;4,98)
Yatış süresi, ortalama gün (Min-Maks;±SD)		16,38 (1-375;30,95)
Uyruk, n(%)	Türk vatandaşı	622 (83,7)
	Yabancı uyruklu	121 (16,3)
Yanık etkeni, n(%)	Sıcak sıvı	505 (68)
	Alev	132 (17,8)
	Elektrik	64 (8,6)
	Temas	30 (4)
	Kimyasal	12 (1,6)
Yanık yüzey alanı, ortalama % (Min-Maks;±SD)		11 (0,1-95;13,1)
Entübasyon, n(%)	Evet	40 (5,4)
	Hayır	703 (94,6)
Fizyoterapi uygulanan hasta sayısı, n(%)	Evet	182 (24,5)
	Hayır	561 (75,5)
Greft, n(%)	Yapıldı	170 (22,9)
	Yapılmadı	573 (77,1)
Ampütasyon, n(%)	Yapıldı	11 (1,5)
	Yapılmadı	732 (98,5)
Negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYKT), n(%)	Yapıldı	12 (1,6)
	Yapılmadı	731 (98,4)
Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), n(%)	Yapıldı	6 (0,8)
	Yapılmadı	737 (99,2)
Sonuç, n(%)	Taburcu	723 (97,3)
	Tedavi red ile taburcu	6 (0,8)
	Exitus	14 (1,9)

Yanık merkezine yatırılan hastalar, elektrik yaralanması olanlar (elektrik grubu) ve diğer nedenlerle yanan hastalar (diğer yanık grubu) olarak iki gruba ayrıldı. Elektrik grubunda 64 hasta, diğer yanık grubunda 679 hasta olduğu görüldü. Gruplar karşılaştırıldığında elektrik grubundaki hastaların %85,9'unun, diğer yanık grubundaki hastaların ise %58,9'unun erkek cinsiyette olduğu görüldü. Gruplar arasında cinsiyet açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$). Elektrik grubunda erkek/kız oranının daha yüksek olduğu görüldü.

Elektrik grubundaki hastaların yaş ortalaması (8,05±5,35 yıl), diğer yanık grubundaki hastaların yaş ortalamasından daha fazla olup (4,65±4,8 yıl) aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$).

Elektrik grubundaki hastaların hastanede ortalama yatış süresi (20,4±45,4 gün), diğer yanık grubundaki hastalardan (16,0±29,2) daha yüksek bulundu. Her iki grup arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0,001$).

Ancak TYYA'nın diğer yanık grubunda, elektrik grubuna göre daha fazla olduğu görüldü. Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0,001).

Elektrik grubundaki hastalarda diğer grubun altı katı kadar daha fazla ampütasyon yapıldı Ampütasyon oranının, elektrik grubunda %6,3, diğer yanık grubunda %1,0 olduğu ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (p=0,01). NBYKT elektrik grubunda %10,9, diğer yanık grubunda %0,7 oranında kullanıldı ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (p<0,001).

Gruplar arasında uyrukları açısından, entübasyon ihtiyacı, fizyoterapi uygulanması, greft yapılması, HBOT uygulanması ve mortalite oranları açısından ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla p=0,12, p=0,764, p=0,881, p=0,878, p=0,419, p=0,574). Elektrik grubu ve diğer hastalar arasındaki demografik ve klinik farklılıklar Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Elektrik grubu ve diğer yanık grubundaki hastaların demografik ve klinik özelliklerinin karşılaştırılması

		Elektrik Grubu (n=64)	Diğer (n=679)	P
Cinsiyet, n(%)	Kız Erkek	9 (14,1) 55 (85,9)	279 (41,1) 400 (58,9)	<0,001*
Yaş, ortalama yıl (Min-Maks;±SD)		8,05 (0,57-18,36;5,35)	4,65 (0,01-17,93;4,8)	<0,001**
Yatış süresi, ortalama gün (Min-Maks;±SD)		20,4 (1-311;45,4)	16,0 (1-375;29,2)	<0,001**
Uyruk, n(%)	Türk vatandaşı Yabancı uyruklu	61 (95,3) 3 (4,7)	561 (82,6) 118 (17,4)	0,12*
Yanık yüzey alanı, ortalama % (Min-Maks;±SD)		8,2 (0,1-72;16,8)	11,2 (0,1-95;12,7)	<0,001**
Entübasyon	Evet Hayır	4 (6,3) 60 (93,7)	36 (5,3) 643 (94,7)	0,764***
Fizyoterapi uygulanan hasta sayısı, n(%)	Evet Hayır	15 (23,4) 49 (76,6)	167 (24,6) 512 (75,4)	0,881*
Greft, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	14 (21,9) 50 (78,1)	156 (23,0) 523 (77,0)	0,878*
Ampütasyon, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	4 (6,3) 60 (93,7)	7 (1,0) 672 (99,0)	0,010***
Negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYKT), n(%)	Yapıldı Yapılmadı	7 (10,9) 57 (89,1)	5 (0,7) 674 (99,3)	<0,001***
Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), n(%)	Yapıldı Yapılmadı	1 (1,6) 63 (98,4)	5 (0,7) 674 (99,3)	0,419***
Sonuç, n(%)	Taburcu Tedavi red ile taburcu Exitus	62 (96,9) 0 2 (3,1)	661 (97,4) 6 (0,9) 12 (1,7)	0,574***

*Pearson Ki-kare testi kullanıldı
** Mann-Whitney U testi kullanıldı
*** Fisher's Exact testi kullanıldı

Elektrik yaralanması olan hastalar cinsiyetlerine göre iki gruba ayrıldı. Hastaların 55'i erkek (%85,9), dokuzu kız (%14,1) idi. Cinsiyete göre yapılan karşılaştırmada erkek hastaların ortalama yaşının 8,14±5,34 yıl, kız hastaların ise 7,48±5,71 yıl olduğu görüldü. Kız ve erkek hastaların arasında yaş ortalamaları açısından anlamlı farklılık saptanmadı (p=0,595).

Erkek hastaların hastanede ortalama yatış süresi 21,72 gün iken kız hastalarda bu sürenin 12,55 gün olduğu görüldü, ancak her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,109).

Erkek hastalardan 52 kişi (%94,5) Türk vatandaşı, üç kişi (%5,5) yabancı uyruklu idi. Kız hastaların ise tamamının Türk vatandaşı olduğu görüldü. Kız hasta grubunda yabancı uyruklu hasta olmadığı için istatistiksel karşılaştırma yapılamadı. Erkek hastalarda ortalama TYYA %9,20, kızlarda ise %1,83 idi. Ancak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,109).

Elektrik yaralanması olan hastalar, yaralanmaya neden olan elektrik türüne göre karşılaştırıldı. Erkek hastalardan 17 kişinin (%30,9) yüksek gerilim, 38 kişinin (%69,1) düşük gerilim, kız hastalardan ise yalnızca bir kişinin (%11,1) yüksek gerilim, sekiz kişinin (%88,9) düşük gerilim yaralanması olduğu ve erkek çocuklarda yüksek gerilim ile yaralanma oranlarının daha yüksek olmasına rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü (p=0,273).

Dört erkek hastada (%7,3) entübasyon ihtiyacı olmasına karşın kızlarda hiçbir hastada entübasyon ihtiyacı olmadı. Bu erkek hastaların yaralanmalarının daha şiddetli olmasına bağlandı.

Erkek hastalardan 13 kişiye (%23,6), kız hastalardan ise iki kişiye (%22,2) fizyoterapi uygulandı. Fizyoterapi uygulanması açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,648).

Erkek hastalardan 13 kişiye (%23,6) greft yapılırken, kız hastalardan sadece bir (%11,1) kişiye greft yapıldı. Sayısal olarak erkelerde daha fazla greft yapılmasına rağmen gruplar arasında greft yapılması açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,364).

Erkek hastalardan üç kişiye (%5,5), kız hastalardan ise bir kişiye (%11,1) ampütasyon yapıldı. Ancak ampütasyon oranları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,463).

Negatif basınçlı yara kapama tekniği, erkek hastaların altısında (%10,9), kız hastaların ise birinde (%11,1) uygulandı. Gruplar arasında NBKYT kullanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,673).

Erkek hastalardan 10 kişinin (%18,2) kız hastalardan ise iki kişinin (%22,2) eklemlerinde kontraktür gelişti. Kontraktür gelişimi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,539).

Erkek hastaların sekizinde (%14,5) yattıkları süre içinde yanığa bağlı bazal metabolik hızdaki artışa cevap olarak taşikardi gelişti. Kızlarda ise hiçbir hastada taşikardi gelişmedi.

Erkek hastalardan 53 kişi (%96,3) tedavileri bittikten sonra taburcu edildi. Kız hastaların tamamı tedavilerinin ardından taburcu edildi. Erkek hastalardan iki kişi (%3,7) ise kaybedildi. Kız grubunda ise hayatını kaybeden hasta olmadı. Kız ve erkek hastaların demografik ve klinik verilerinin detaylı sonuçları ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Elektrik yaralanmalarında erkek ve kız cinsiyetlerin karşılaştırılması

		Erkek (n=55)	Kız (n=9)	P
Yaş, ortalama yıl (Min-Maks;±SD)		8,14 (0,57-18,36;5,34)	7,48 (1,05-17,16;5,71)	0,595*
Yatış süresi, ortalama gün (Min-Maks;±SD)		21,72 (1-311;47,15)	12,55 (1-103;33,91)	0,109*
Uyruk, n(%)	Türk vatandaşı Yabancı uyruklu	52 (94,5) 3 (5,5)	9 (100,0) 0	N/A
Yanık yüzey alanı, ortalama % (Min-Maks;±SD)		9,20 (0,10-72;17,91)	1,83 (0,10-13,00;4,21)	0,138*
Elektrik türü, n(%)	Düşük gerilim Yüksek gerilim	38 (69,1) 17 (30,9)	8 (88,9) 1 (11,1)	0,273**
Entübasyon, n(%)	Evet Hayır	4 (7,3) 51 (92,7)	0 9 (100,0)	N/A
Fizyoterapi uygulanan hasta sayısı, n(%)	Evet Hayır	13 (23,6) 42 (76,4)	2 (22,2) 7 (77,8)	0,648**
Greft, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	13 (23,6) 42 (76,4)	1 (11,1) 8 (88,9)	0,364**
Ampütasyon, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	3 (5,5) 52 (94,5)	1 (11,1) 8 (88,9)	0,463***
Negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYT), n(%)	Yapıldı Yapılmadı	6 (10,9) 49 (89,1)	1 (11,1) 8 (88,9)	0,673**
Kontraktür, n(%)	Gelişti Gelişmedi	10 (18,2) 45 (81,8)	2 (22,2) 7 (77,8)	0,539**
Taşikardi, n(%)	Gelişti Gelişmedi	8 (14,5) 47 (85,5)	0 9 (100,0)	N/A
Sonuç, n(%)	Taburcu Exitus	53 (96,3) 2 (3,7)	9 (100,0) 0	N/A

*Mann-Whitney U testi kullanıldı
**Pearson Ki-kare testi kullanıldı
***Fisher's Exact testi kullanıldı

Elektrik yaralanması olan hastalar 0-4 yaş (n=19), 5-8 yaş (n=16), 9-14 yaş (n=16), 15-18 yaş (n=13) olmak üzere dört gruba ayrıldı. Gruplar cinsiyetlere göre karşılaştırıldı. 0-4 yaş grubundaki hastaların 15'i (%78,9), 5-8 yaş grubundaki hastaların 16'sı (%100,0), 9-14 yaş grubundaki hastaların 12'si (%75), 15-18 yaş grubundaki hastaların 12'si (%92,3) erkekti. Tüm yaş gruplarında erkeklerin oranı yüksek bulunurken 5-8 yaş ve 15-18 yaş grubunda erkeklerin oranı diğer yaş gruplarından daha yüksek bulundu. Bu nedenle gruplar arasında cinsiyet açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$).

Hastanede ortalama yatış süresi 0-4 yaş grubunda 1,5 gün, 5-8 yaş grubunda 33,8 gün, 9-14 yaş grubunda 27,4 gün, 15-18 yaş grubunda 22,9 gün olarak bulundu. Bu sonuçlara göre 5-8 yaş grubundaki hastalar diğer gruplarda daha uzun yatış sürelerine sahip idi. Bu grubu 9-14 yaş grubu takip etmekteydi. En kısa hastanede yatış süresi 0-4 yaş grubunda tespit edildi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p=0,005$).

0-4 yaş grubundaki hastaların 19'u (%100), 5-8 yaş grubundaki hastaların 15'i (%93,8), 9-14 yaş grubundaki hastaların 12'si (%75), 15-18 yaş grubundaki hastaların 12'si (%92,3) Türk vatandaşı idi. En fazla yabancı uyruklu hastanın olduğu grup 9-14 yaş grubu olmasına rağmen uyrukları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,694).

Ortalama TYYA 0-4 yaş grubunda %0,43, 5-8 yaş grubunda %4,23, 9-14 yaş grubunda %13,21, 15-18 yaş grubunda %18,1 idi. Bu sonuçlar yaş arttıkça TYYA'nın da arttığını dolayısıyla yaş ile TYYA arasında bir doğru orantı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle gruplar arasında anlamlı fark olduğu görüldü (p=0,001).

Gerilimin cinsine göre gruplar karşılaştırıldığında ise yüksek gerilim elektrik yaralanmalarının ileri yaşlarda daha fazla görüldüğü tespit edildi. 0-4 yaş grubundaki tüm hastaların düşük gerilim ile yaralandığı tespit edildi. Ancak 5-8 yaş grubunda iki (%12,5) hastanın, 9-14 yaş grubunda sekiz (%50) hastanın, 15-18 yaş grubunda sekiz (%61,5) hastanın yüksek gerilim ile yaralandığı görüldü. İlk grupta yüksek gerilim ile yaralanan hasta olmadığı için diğer gruplar birbiriyle karşılaştırıldı. Buna göre gruplar arasında anlamlı fark olduğu saptandı (p<0,001).

Hastaların entübasyon ihtiyacına bakıldığında 0-4 yaş ve 5-8 yaş grubunda hiç entübasyon ihtiyacı olmazken, 9-14 yaş grubunda iki hastanın (%12,5), 15-18 yaş grubunda da iki hastanın (%15,4) takibinde entübasyon ihtiyacı oldu. Yaş ile birlikte yüksek gerilim elektrik yaralanmalarının oranının artması sonucu hastalarda yanık ciddiyetinin artması ile entübasyon oranında artış olduğu tespit edildi.

Tüm yaş gruplarında fizyoterapi ihtiyacı olduğu görüldü. 0-4 yaş grubunda dört hastaya (%21,1), 5-8 yaş grubunda bir hastaya (%6,2), 9-14 yaş grubunda altı hastaya (%37,5), 15-18 yaş grubundadört hastaya (%30,8) fizyoterapi uygulandı. Fizyoterapi uygulanması açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,173).

0-4 yaş grubunda bir hastaya (%5,3), 5-8 yaş grubunda dört hastaya (%25,0), 9-14 yaş grubunda yedi hastaya (%43,8) 15-18 yaş grubunda iki hastaya (%15,4) greft yapıldı. Yapılan istatistiksel analizde gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0,05).

0-4 ve 5-8 yaş grubundaki hastalarda ampütasyon ihtiyacı olmadı. Ancak 9-14 yaş grubundaki üç hastada (%18,8) sekiz ampütasyon 15-18 yaş grubundaki bir hastada da (%7,7) yedi ampütasyon yapıldı. Bu sonuçlar, entübasyon ihtiyacı ile benzer nedenlerle büyük çocuklarda daha ciddi elektrik yanıklarının meydana gelmesine bağlandı.

Hastaların tedavileri sırasında 0-4 yaş grubunda bir hastada (%5,3), 9-14 yaş grubunda dört hastada (%25), 15-18 yaş grubunda ise iki hastada (%15,4) NBYKT uygulandı. 5-8 yaş grubundaki hastalarda ise NBYKT uygulanmadı. NBYKT kullanılmayan grup 0-4 yaş grubu ile birleştirilerek diğer gruplar ile karşılaştırıldı. Gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. (p=0,984).

Uzun dönem takipleri esnasında kontraktür gelişimi açısından hastalar değerlendirildi. Buna göre 0-4 yaş grubunda üç hastada (%15,8), 5-8 yaş grubunda bir hastada (%6,3), 9-14 yaş grubunda beş (%31,3) ve 15-18 yaş grubunda üç hastada (%23,1) değişik eklem bölgelerinde kontraktürler gelişti En sık 9-14 yaş grubundaki hastalarda kontraktür gelişmesine rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p=0,321).

Hastanede yattıkları süre boyunca 0-4 yaş grubundaki hastaların hiçbirinde taşikardi gelişmedi. 5-8 yaş grubundaki hastalardan bir kişide (%6,3), 9-14 yaş grubundaki hastalardan beş kişide (%31,3), 15-18 yaş grubundaki hastalardan iki kişide (%15,4) taşikardi gelişti. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (p=0,021).

Elektrik yaralanmaları nedeniyle yatırılan 64 hastadan ikisi (%3,12) hayatını kaybetti. Kaybedilen bu hastalardan ikisi de 15-18 yaş grubunda idi. Diğer gruplardan hayatını kaybeden olmadı. Kaybedilen bir hasta enfeksiyon (sepsis) nedeniyle kaybedildi. Diğer hasta ise eşlik eden travma (yüksekten düşmeye bağlı kafa travması) ve yanığa bağlı komplikasyonlar nedeniyle kaybedildi. Yaş gruplarına göre hastaların demografik ve klinik özellikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.4 ‘te detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.4. Hastaların yaş gruplarına göre karşılaştırılması

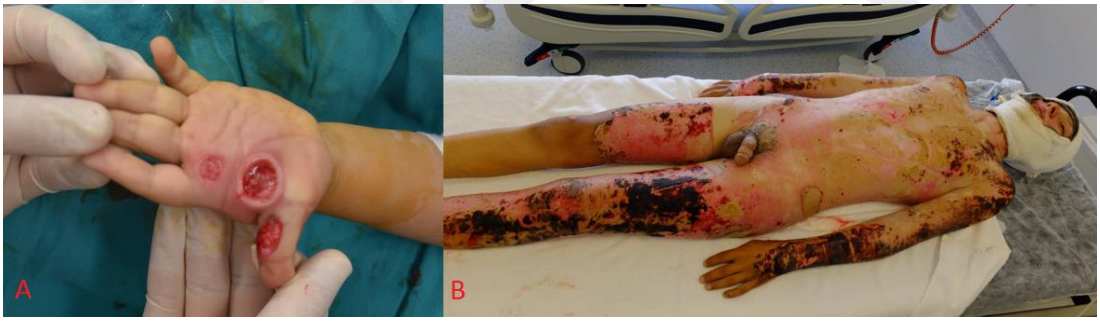
		0-4 Yaş (n=19)	5-8 Yaş (n=16)	9-14 Yaş (n=16)	15-18 Yaş (n=13)	P
Cinsiyet, n(%)	Erkek	15 (78,9)	16 (100,0)	12 (75,0)	12 (92,3)	<0,001*¶
	Kız	4 (21,1)	0	4 (25,0)	1 (7,7)	
Yatış süresi, ortalama gün (Min-Maks;±SD)		1,5 (1-7;1,38)	33,8 (1-311;77,68)	27,4 (1-103;37,85)	22,9 (1-64;24,81)	0,005**
Uyruk, n(%)	Türk vatandaşı	19 (100,0)	15 (93,8)	15 (93,8)	12 (92,3)	0,694*¶
	Yabancı uyruklu	0	1 (6,2)	1 (6,2)	1 (7,7)	
Yanık yüzey alanı, ortalama % (Min-Maks;±SD)		0,43 (0,1-2;0,55)	4,23 (0,1-54,5;13,41)	13,21 (0,1-72;19,51)	18,1 (0,1-70;23,10)	0,001**
Elektrik türü, n(%)	Düşük gerilim	19 (100,0)	14 (87,5)	8 (50,0)	5 (38,5)	<0,001*¶
	Yüksek gerilim	0	2 (12,5)	8 (50,0)	8 (61,5)	
Eşlik eden travma, n(%)	Var	0	0	0	5 (38,5)	N/A
	Yok	19 (100,0)	16 (100,0)	16 (100,0)	8 (61,5)	
Entübasyon, n(%)	Evet	0	0	2 (12,5)	2 (15,4)	N/A
	Hayır	19 (100,0)	16 (100,0)	14 (87,5)	11 (84,6)	
Fizyoterapi uygulanması, n(%)	Evet	4 (21,1)	1 (6,2)	6 (37,5)	4 (30,8)	0,173*
	Hayır	15 (78,9)	15 (93,8)	10 (62,5)	9 (69,2)	
Greft, n(%)	Yapıldı	1 (5,3)	4 (25,0)	7 (43,8)	2 (15,4)	0,05*
	Yapılmadı	18 (94,7)	12 (75,0)	9 (56,2)	11 (84,6)	
Ampütasyon, n(%)	Yapıldı	0	0	3 (18,8)	1 (7,7)	N/A
	Yapılmadı	19 (100,0)	16 (100,0)	13 (81,3)	12 (92,3)	
Negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYT), n(%)	Yapıldı	1 (5,3)	0	4 (25,0)	2 (15,4)	0,984*¶
	Yapılmadı	18 (94,7)	16 (100,0)	12 (75,0)	11 (84,6)	
Kontraktür, n(%)	Gelişti	3 (15,8)	1 (6,3)	5 (31,3)	3 (23,1)	0,321*
	Gelişmedi	16 (84,2)	15 (93,8)	11 (68,7)	10 (76,9)	
Taşikardi, n(%)	Gelişti	0	1 (6,3)	5 (31,3)	2 (15,4)	0,021*¶
	Gelişmedi	19 (100,0)	15 (93,8)	11 (68,7)	11 (84,6)	
Sonuç, n(%)	Taburcu	19 (100,0)	16 (100,0)	16 (100,0)	11 (84,6)	N/A
	Exitus	0	0	0	2 (15,4)	

* Fisher's Exact testi kullanıldı
**Kruskal-Wallis testi kullanıldı
¶ Veri içermeyen grup olduğu için, birbirine yakın gruplar birleştirilerek istatistiksel analiz yapıldı

Elektrik yaralanması nedeniyle tedavi edilen hastalar, elektrik türüne göre düşük gerilim (n=46) ve yüksek gerilim (n=18) yaralanmaları olarak iki gruba ayrılarak birbiri ile karşılaştırıldı. Düşük gerilim grubundaki hastalardan 38 kişi (%82,6) erkek, sekiz kişi (%17,4) kız cinsiyetteydi. Yüksek gerilim grubundaki hastalardan ise 17 kişi (%94,4) erkek, bir kişi kız cinsiyetteydi. Gruplar arasında hastaların cinsiyeti açısından anlamlı fark saptanmadı (p=0,273).

Düşük gerilim grubundaki hastaların yaş ortalaması 6,18 (±4,69 SD) yıl, yüksek gerilim grubundakilerin isee se 12,83 (±3,79 SD) yıl olarak bulundu. Yüksek gerilimim grubunun yaş ortalaması daha yüksek olup gruplar arasında istatistiksel olarak fark saptandı ($p<0,001$). Düşük gerilim grubunun hastanede ortalama yatış süresi 10,2 gün iken yüksek gerilim grubunda 46,5 gün olarak bulundu. Yüksek gerilim grubundaki hastaların hastanede ortalama yatış süreleri düşük gerilim grubundaki hastaların yaklaşık 4,5 katı olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$). Düşük gerilim ve yüksek gerilim grupları arasında hastaların uyrukları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p=1,00$).

Ortalama TYYA, düşük gerilim grubunda %0,63 iken yüksek gerilim grubunda %27,41 olarak bulundu. Yüksek gerilim grubundaki hastaların TYYA'nı çok daha yüksek olarak tespit edildi. Bu nedenle arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$). Bu sonuç düşük gerilim grubundaki hastaların yaralarının genellikle temas noktaları ile sınırlı olmasına karşın yüksek gerilim grubundaki hastaların yaralarının, alev yanıklarının eşlik etmesi sonucu daha büyük alanları kapsamasına bağlandı (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. (A) Düşük gerilim elektrik yaralanması temas noktaları. (B) Yüksek gerilim elektrik yaralanması

Düşük gerilim grubunda hiçbir hastada elektrik yaralanmasına travma eşlik etmemektedi. Yüksek gerilim grubunda ise beş hastaya (%27,8) başka bir travmanın eşlik ettiği görüldü. Beş hastanın tümünde de eşlik eden travma yüksekten düşme idi. (Şekil 4.2) Eşlik eden travma ile ilgili detaylı bilgiler Tablo 4.5'te verilmiştir.



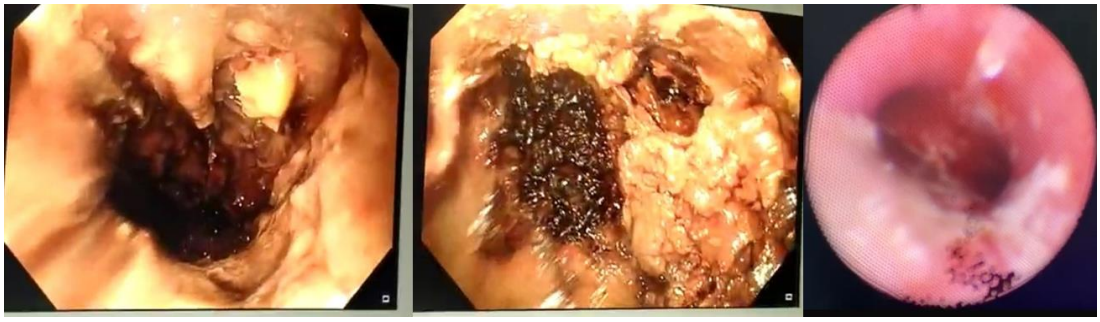
Şekil 4.2. Yüksek gerilim elektrik yaralanması ve eşlik eden yüksekten düşmeye bağlı tibia ve fibula şaft fraktürü

Yüksek gerilim elektrik yaralanması olan 18 hasta olayın meydana geldiği yer açısından detaylı olarak incelendiğinde; iki hastanın (%11,1) çatıda, üç hastanın (%16,6) evlerinin balkonunda, üç hastanın (%16,6) tren vagonlarının üzerinde, iki hastanın (%11,1) elektrik trafosu ile temas sonucu, bir hastanın yola devrilen elektrik direğinden sarkan elektrik telleri ile temas sonucu (%5,6) , bir hastanın (%5,6) baraj kenarında yüksek gerilim teli ile temas sonucu, bir hastanın (%5,6) su kuyusunun motorunun elektrik aksamında kaçak sonucu, bir hastanın (%5,6) ormanda ağaç keserken ağacın elektrik telleri üzerine devrilmesi sonucu, üç hastanın (%16,6) elektrik direğine tırmanma sonrası meydana gelen ark sonucu ve bir hastanın da (%5,6) yıldırım çarpması sonucu yaralandığı görüldü. Düşük gerilim yaralanmalarının tamamı ev kazaları kaynaklı idi. Yüksek gerilim ile meydana gelen elektrik yaralanmalarının oluş şekli ile ilgili bilgiler Tablo 4.5'te detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.5. Yüksek gerilim yaralanmalarının meydana geliş şekli ve eşlik eden travmalar

Olayın meydana geldiği yer, n(%)		
Çatı		2(11,1)
Balkon		3(16,6)
Tren vagonunun üzeri		3(16,6)
Elektrik trafosu		2(11,1)
Yıldırım düşmesi		1(5,6)
Devrilmiş direkten sarkan elektrik teli ile temas		1(5,6)
Baraj kenarında yüksek gerilim teli ile temas		1(5,6)
Su kuyusunun motorunda elektrik kaçağı		1(5,6)
Ormanda ağaç keserken ağacın elektrik telleri üzerine devrilmesi sonucu		1(5,6)
Elektrik direğine tırmanma		3(16,6)
Eşlik eden travma, n(%)		
Yüksekten düşme		5 (100)
	Yumuşak doku travması	1(20)
	Pnömotoraks + Karaciğer laserasyonu + Dalak laserasyonu + Böbrek laserasyonu	1(20)
	Akciğer kontüzyonu + Parietal kemik fraktürü	1(20)
	Pnömotoraks + Tibia ve fibula şaft fraktürü + Akromion ve skapula fraktürü + Kot fraktürü	1(20)
	Akciğer kontüzyonu + Pnömosefali + Beyin ödemi	1(20)

Düşük gerilim grubunda sadece bir hastada (%2,2) entübasyon ihtiyacı olurken, yüksek gerilim grubunda üç hastada (%16,7) entübasyon ihtiyacı oldu. Ancak yapılan istatistiksel analizde gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı (p=0,064). Düşük gerilim hrubunda entübasyon ihtiyacı olan hasta, duş başlığından su içerken şofbende elektrik kaçağı olması nedeniyle ağız içi, trakea, özofagus ve midesinde yanık oluşan bir hastaydı. Bu hastaya daha sonra trakeostomi, gastrostomi ve feeding jejunostomi açıldı. Hasta ile ilgili bazı fotoğraflar Şekil 4.3'te verilmiştir.

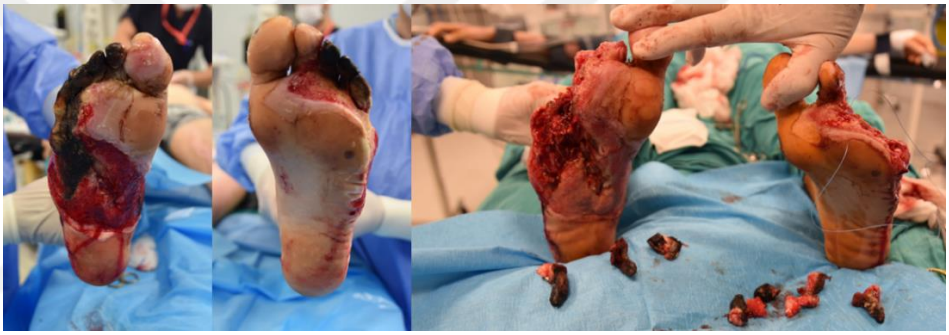


Şekil 4.3. Düşük gerilim elektrik ile özofagus, mide ve trakea yaralanması olan hastanın endoskopi ve bronkoskopi görüntüleri

Düşük gerilim grubundaki hastalardan beş kişiye (%10,9), yüksek gerilim grubundaki hastalardan ise 10 kişiye (%55,6) fizyoterapi uygulandı. Yüksek gerilim grubundaki hastalarda fizyoterapi daha yüksek oranda uygulandı. Yapılan istatistiksel analizde gruplar arasında anlamlı fark saptandı ($p<0,001$).

Yüksek gerilim grubunda bulunan hastalarda greft oranı daha yüksek olup, düşük gerilim grubundaki hastaların beşine (%10,9), yüksek gerlilim grubundaki hastaların dokuzuna (%50) greft yapıldı. Yapılan istatistiksel analizde gruplar arasında anlamlı fark saptandı ($p<0,001$).

Düşük gerilim grubunda hastalarda hiç ampütasyon yapılmazken, yüksek gerilim grubundaki dört hastada (%22,2) toplam 15 ampütasyon yapıldı (Şekil 4.4, 4.5, 4.6).



Şekil 4.4. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan ayak parmakları ampütasyonu



Şekil 4.5. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan metatars ve parmak ampütasyonu



Şekil 4.6. Yüksek gerilim elektrik yaralanması nedeniyle yapılan önkol ampütasyonu

Düşük gerilim grubunda bir hastaya (%2,2), yüksek gerilim grubunda ise altı hastaya (%33,3) NBYKT uygulandı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. (p=0,001). Düşük gerilim grubunda dört hastanın (%8,7), yüksek gerilim grubunda sekiz hastanın (%44,4) takiplerinde eklem bölgelerinde kontraktürler gelişti. Yüksek gerilim grubunda daha fazla sayıda kontraktür geliştiği görülüp gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (p=0,002).

Hastanede yattıkları süre içerisinde düşük gerilim grubundaki hastaların hiçbirinde taşikardi gelişmezken, yüksek gerilim grubundaki sekiz hastada (%44,4) taşikardi gelişti.

Düşük gerilim grubundaki hastaların tamamı tedavisinin ardından taburcu edildi. Yüksek gerilim grubundaki hastaların ise 15'i (%83,3) taburcu edilirken, 1 hasta (%5,6) başka bir branşa devir edildi ve 2 hasta (%11,1) ise kaybedildi. Veri içermeyen grup olması nedeniyle istatistiksel analiz yapılamadı (Tablo 4.6).

Düşük gerilim grubundaki hastaların tamamı tedavisinin ardından taburcu edildi. Yüksek gerilim grubundaki hastaların ise 16'sı (%88,9) taburcu edildi. İki hasta (%11,1) ise kaybedildi. Düşük gerilim ve yüksek gerilim gruplarının demografik ve klinik verileri ve grupların istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.6'da detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.6. Elektrik yaralanmalarının gerilime göre karşılaştırılması

		Düşük gerilim (n=46)	Yüksek gerilim (n=18)	P
Cinsiyet, n(%)	Erkek Kız	38 (82,6) 8 (17,4)	17 (94,4) 1 (5,6)	0,273*
Yaş, ortalama yıl (Min-Maks;±SD)		6,18 (0,57-17,57;4,69)	12,83 (5,49-28,36;3,79)	<0,001**
Yatış süresi, ortalama gün (Min-Maks;±SD)		10,2 (1-311;45,99)	46,5 (5-103;32,27)	<0,001**
Uyruk, n(%)	Türk vatandaşı Yabancı uyruklu	44 (95,7) 2 (4,3)	17 (94,4) 1 (5,6)	1,00** *
Yanık yüzey alanı, ortalama % (Min-Maks;±SD)		0,63 (0,1-4;0,73)	27,41 (1-72;22,49)	<0,001**
Eşlik eden travma, n(%)	Var Yok	0 46 (100)	5 (27,8) 13 (72,2)	N/A
Entübasyon, n(%)	Evet Hayır	1 (2,2) 45 (97,8)	3 (16,7) 15 (83,3)	0,064* **
Fizyoterapi uygulanan hasta sayısı, n(%)	Evet Hayır	5 (10,9) 41 (89,1)	10 (55,6) 8 (44,4)	<0,001 *
Greft, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	5 (10,9) 41 (89,1)	9 (50,0) 9 (50,0)	0,002*
Ampütasyon, n(%)	Yapıldı Yapılmadı	0 46 (100,0)	4 (22,2) 14 (77,8)	N/A
Negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYT), n(%)	Yapıldı Yapılmadı	1 (2,2) 45 (97,8)	6 (33,3) 12 (66,7)	0,001*
Kontraktür, n(%)	Gelişti Gelişmedi	4 (8,7) 42 (91,3)	8 (44,4) 10 (55,6)	0,002*
Taşikardi, n(%)	Gelişti Gelişmedi	0 46 (100,0)	8 (44,4) 10 (55,6)	N/A
Sonuç, n(%)	Taburcu Exitus	46 (100,0) 0	16 (88,9) 2 (11,1)	N/A

* Pearson Ki-kare testi kullanıldı
** Mann-Whitney U testi kullanıldı
*** Fisher's Exact testi kullanıldı

Yüksek gerilim yaralanması olan iki hastanın uzun dönem takiplerinde her iki gözünde katarakt gelişti. İki hasta da bilateral gözlerinden katarakt nedeniyle göz hastalıkları tarafından opere edildi (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yüksek gerilim elektrik yaralanmasından 6 ay sonra gelişen katarakt ve postoperatif görüntüsü

5. TARTIŞMA

Elektrik keşfedildiğinden beri giderek günlük hayatın bir parçası haline gelmiştir. Elektrik yaralanmaları da buna paralel olarak yıllar içerisinde artış göstermiştir. Yetişkinlerde daha sıklıkla işyerlerinde görülmekle beraber çocuklarda daha çok önlenebilir ev kazaları şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle çocuklarda daha çok düşük gerilim elektrik yaralanmaları şeklinde görülmektedir. Çocuklarda elektrik yaralanmaları diğer yanık nedenlerine oranla daha az görülmekle birlikte, daha uzun hastanede yatış süreleri ve daha yüksek ampütasyon oranları ile karakterizedir. Bu nedenle özellikle yüksek gerilim ile meydana gelen elektrik yaralanmaları diğer yanık nedenlerine oranla daha fazla morbidite ve mortaliteye yol açmaktadır [30, 31]. Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak elektrik yaralanmalarının erkeklerde daha fazla meydana geldiği, hastanede yatış sürelerinin diğer yanık nedenlerine göre daha uzun olduğu, hastaların yaş ortalamalarının daha yüksek olduğu ve ampütasyon oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak mortalite oranları diğer yanık nedenlerine göre daha fazla olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı.

Gelişmiş ülkelerde elektrik yaralanmaları yanık merkezine başvuruların %5 kadarını oluştururken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran %20'lere kadar çıkabilmektedir [32, 33]. Chen ve ark. Dünya Sağlık Örgütünün yanık kayıtlarını kullanarak yaptıkları araştırmada, 9276 yanık hastasının 814'ünün (%8,8) elektrik yaralanması olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, düşük gelirli ülkelerde elektrik yaralanmalarının daha sık görüldüğünü bildirmişlerdir [34]. Ancak çocuklarda elektrik yaralanmaları erişkinlere göre daha az görülmektedir. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, çocuk yanık merkezine kabul edilen hastalardan %2,5'unun elektrik yaralanması olduğu belirtilmiştir [5]. Yine ülkemizde çocuk yanıkları üzerine yapılan benzer bir çalışmada, bu oran %5 olarak bildirilmiştir [35]. Çalışmamızda da çocuk yanık merkezine kabul edilen hastaların %8,6'sının elektrik yaralanması olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda elektrik yaralanmalarının %85,9'unun erkek cinsiyette olduğu görüldü. Literatürde de hem çocuk hem de yetişkinlerde elektrik yaralanmalarının

erkek cinsiyette daha sık olduğu bildirilmiştir [36-39]. Yüksek gerilim ile meydana gelen yaralanmaların olduğu grupta bir hasta hariç hepsi erkeklerden meydana gelmekteydi. Bu anlamda yüksek gerilim ile ilgili sonuçlarımız literatür ile uyumludur.

Çalışmamızda, TYYA elektrik yaralanması olan hastalarda diğer yanık nedenlerine göre daha düşük bulunmuştur. Literatürde bu konuda çalışma az olsa da benzer sonuçlar bulunmuştur [40]. Bu konu ile ilgili daha kapsamlı çalışma yapılması gereklidir. Ancak bu sonuç özellikle yüksek gerilim ile meydana gelen yaralanmalarda derideki hasardan bağımsız olarak derin dokularda cidii hasarlanmalar meydana gelmesine bağlanmaktadır. Nitekim kas ve kemik dokularında ciddi hasarlara bağlı olarak bu hastalarda amputasyon sayıları diğer hastalardan yüksek olmaktadır.

Çalışmamızda elektrik yaralanması olan hastalarda, diğer yanık nedenleri ile başvuran hastalara göre oran olarak daha fazla entübasyon ihtiyacı olmuş, ancak istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. Entübasyon ihtiyacı olan hastaların biri hariç hepsinin yüksek gerilim elektrik yaralanması olmaları nedeniyle daha ciddi yanıklarda entübasyon ihtiyacının daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Yapılan araştırmada literatürde bu konu ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Entübasyon ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle inhalasyon hasarı ile ilişkili çalışmalar olup, elektrik yaralanması olan hastalarda konuyla ilgili çalışma bulunamamıştır.

Fizyoterapi uygulanması açısından elektrik grubu ve diğer yanık grubu arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Özellikle eklemleri içeren yanıklarda kontraktür gelişimini önlemek için fizyoterapi uygulanması önemlidir. Literatürde fizyoterapinin eklem hareket açıklığını artırdığını ve hastaların hayat kalitesini artırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur [41, 42].

Elektrik yaralanmalarında, derindeki kasların da etkilenmesi, kompartman sendromu, ekstremite dolaşımının bozulması nedeniyle diğer yanık nedenlerine göre daha sık ampütasyon ihtiyacı olmaktadır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, elektrik yaralanmalarında ampütasyon oranı %12, mortalite %1,8 olarak bildirilmiştir [5]. Tapking ve ark. sekiz yıllık serilerinde ampütasyon oranını %12 olarak bildirmişlerdir [32]. Kliniğimizde daha önce yapılan 10 yıllık bir çalışmada ise ampütasyon oranı

%14,1 mortalite %1,2 olarak bildirilmiştir [4]. Çalışmamızda ampütasyon oranı %6,3 mortalite %3,1 olarak saptanmıştır.

Negatif Basınçlı Yara Kapama Tekniği, granülasyonu artırmakta ve yaranın kapanmasını kolaylaştırmaktadır. Basınç etkisi ile kan akımını artırarak immüniteyi uyardığı ve enfeksiyonları azalttığı bildirilmiştir [43, 44]. Çalışmamızda NBYKT elektrik grubunda, diğer yanık grubuna göre daha fazla kullanıldı. Bu durum elektrik grubunda ampütasyon ihtiyacının daha fazla olması, daha derin doku hasarının meydana gelmesi ve özellikle ekstremite güdüklerinde yara kapanmasının daha uzun süre alması gibi nedenlere bağlanabilir. Ren ve ark. yanıklarda NBYKT kullanımı ile ilgili yaptıkları çalışmada NBYKT uygulanan hastaların çoğunun elektrik yaralanması olduğunu bildirmişlerdir [45]. Eyvaz ve ark. ise elektrik yaralanması olan hastalarda NBYKT kullanarak büyük oranda fayda sağladıklarını bildirmişlerdir [46]. Çalışmamızın sonuçları da bu konuda literatür ile uyumludur. Şekil 5.1'de NBYKT uygulanan bir hastanın görselleri verilmiştir.



Şekil 5.1. Negatif basınçlı yara kapama tekniği uygulaması

Çocuklarda özellikle kas gibi derin dokularda hasarın fazla olduğu yüksek gerilim elektrik yaralanmalarında erken dönemde HBOT'un faydalı olduğu bildirilmiştir [47, 48]. Bu nedenle endikasyonu olan hastalarda HBOT tarafımızca sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmamızda HBOT uygulanması açısından elektrik grubu ve diğer yanık grubu arasında anlamlı fark saptanmamıştır. HBOT'un etkili olabilmesi için yaralanma sonrası erken dönemde tedaviye başlanması gerekmektedir. Elektrik

yaralanmalarında ve diğer yanıklarda, hastaların çoğunlukla başka bir merkezden ya da ilden sevk edilmesi ve hemodinamik stabilizasyon sağlanana kadar zaman harcanması nedeniyle bu süre aşılmaktadır. Literatürde elektrik yaralanmalarında HBOT kullanımı ile ilgili yeterli çalışma yoktur.

Literatürde, çocuklarda elektrik yaralanmalarının erişkinlerin aksine daha çok düşük gerilim yaralanmalar olduğu bildirilmiştir. Ancak çocuklar arasında da yaş arttıkça yüksek gerilimle yaralanma oranı da artmaktadır [35, 36, 49, 50]. Çalışmamızda da literatürle uyumlu şekilde beş yaş altındaki çocuklarda düşük gerilim elektrik yaralanmalarının daha sık olduğu ve düşük gerilim grubunun yaş ortalamasının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İleri yaş gruplarında yüksek gerilim elektrik yanıklarının sıklığı artmaktadır.

Çalışmamızda, düşük gerilim elektrik yaralanmalarının %82,6'sını erkek çocuklar, yüksek gerilim elektrik yaralanmalarının ise %94,4'ünü erkek çocuklar oluşturmaktaydı. Literatürde de benzer şekilde özellikle yüksek gerilim yaralanmalarının erkeklerde daha sık olduğunu bildiren çalışmalar görülmüştür [51, 52].

Elektrik yaralanmalarında diğer yanık nedenlerine göre hastanede yatış süresi uzamaktadır. Düşük gerilim grubunda hastanede yatış süresi ortalama 10,2 gün iken, yüksek gerilim grubunda 46,5 gün bulunmuştur. Yüksek gerilim grubunda hastanede yatış süresi, literatürle de uyumlu olarak daha uzundur [53].

Düşük gerilim grubunda %8,7, yüksek gerilim grubunda %44,4 oranında kontraktür geliştiği görüldü. Özellikle küçük yaştaki çocukların elektrik kablolarını elleriyle tutmaları sonucu elde derin doku hasarı sonucu interfalangiyal eklemlerde ciddi konttraktürlerin geliştiği görüldü (Şekil 5.2). Bu hastaların bir kısmında fizyoterapi yetersiz kalabilir ve rekonstrüktif ameliyatların yapılması gerekebilir. Yiğit ve ark. 10 yıllık serilerinde, düşük gerilim grubunda kontraktür görülmediğini, yüksek gerilim grubundaki hastaların %16,6'sında kontraktür geliştiğini bildirmişlerdir [54]. Ancak bizim verilerimiz yaygın literatür ile uyumlu oarak her iki grupta kontraktür gelişme ihtimali olduğunu, düşük gerilim yaralanmalarda özellikle el eklemlerinde kontraktür gelişebileceğini göstermiştir. Yüksek gerilim yanıklarında ise daha fazla kontraktür gelişebildiği ve diğer eklemlerde de meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 5.2. Düşük gerilim elektrik yaralanması sonrası gelişen eklem kontraktürü

Çalışmamızda, elektrik yaralanmalarında diğer yanık nedenlerine yakın oranda greft yapıldığı görüldü. Ancak yüksek gerilim elektrik yaralanmalarına %50 oranda greft yapılırken, düşük gerilim grubunda bu oran %10,9'du. Yüksek gerilim grubunda, düşük gerilim grubuna göre yaklaşık beş kat daha fazla greft yapıldı. Kliniğimizde daha önce yapılan bir çalışmada düşük gerilim grubunda %19, yüksek gerilim grubunda %74,4 oranında greft yapıldığı bildirilmiştir [4]. Depamphilis ve ark. 13 yılda elektrik yaralanması olan 68 çocuk hastayı inceledikleri çalışmalarında greft oranını düşük gerilim grubunda %2, yüksek gerilim grubunda ise %38 olarak bildirmişlerdir [53].

Yüksek gerilim elektrik yaralanmalarında kaslar gibi derin dokularda hasar oluşması ile birlikte, kas kompartmanlarında basınç artışına bağlı kompartman sendromu sık görülmektedir. Bu nedenle ilk değerlendirmede ekstremite dolaşımlarını değerlendirmek ve dolaşım bozukluğu olduğu takdirde erken müdahale yapılması önem arz etmektedir. Erken tanı ile yapılan eskarotomi/fasyotomilerde ampütasyon oranını kısmen düşürmek mümkün olabilir [55].

Mortalite oranı elektrik yaralanmalarında %3,1 iken, diğer yanık grubunda %1,7 bulundu. Kaybedilen iki hasta da yüksek gerilim elektrik yaralanması idi. Yüksek gerilim elektrik yaralanmalarında olayın meydana geliş şekli itibari ile özellikle yüksekten düşme şeklinde travmaların eşlik etmesi, gerilimin büyüklüğü, hastanın üzerindeki kıyafetlerin tutuşması ile birlikte alev yanığı oluşması, eşlik eden inhalasyon hasarının olması ve TYYA'nın büyüklüğü mortaliteyi etkileyen faktörlerdir. Literatürde de çalışmamızla benzer şekilde elektrik yaralanmalarının mortalitesinin diğer yanık nedenlerine göre daha fazla olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [30, 31].

Elektrik yaralanmalarında deride küçük bir yanık alanı olan hastalarda bile derin dokularda ciddi ve hayatı tehdit eden hasarlanmalar olabilir. Amerika Yanık Derneği kılavuzlarına göre, yanık alanı büyüklüğüne bakılmaksızın tüm elektrik yaralanmaları majör yanık olarak kabul edilir ve yatış endikasyonu vardır. Bu hastalarda kardiyak ritim bozukluklarının yanı sıra miyokardiyal hasar görülebilir. En sık görülen EKG değişikliği nonspesifik ST değişiklikleri ve en sık görülen ritim bozukluğu atrial fibrilasyon olmakla birlikte en sık ölüme neden olan ritim bozukluğu ventriküler fibrilasyondur. Çalışmamızda elektrik yaralanması olan hastaların tamamına yaralanma sonrası ilk 24 saat kardiyak monitörizasyon yapılmış ve hiçbir hastada kardiyak aritmi görülmemiştir. Literatürde aritmi raporlanan olgular olsa da bu konuda yapılan çalışmalarda elektrik yaralanmalarının aritmiye yol açtığını söylemek için daha fazla veriye ihtiyaç vardır [56-60]. Elektrik yaralanması nedeniyle takip edilen hastalarda ventriküler fibrilasyon ya da AV bloklara bağlı ölümler raporlanmış ancak bu hastaların ilk başvurularında elektrokardiyografilerinde (EKG) anormallik saptanmış ya da EKG çekilmediği bildirilmiştir. Düşük gerilim elektrik yaralanmalarında, hastaneye ilk başvuruda çekilen EKG normal ise, kardiyak monitörizasyon önerilmemektedir [61-64].

Elektrik yaralanmalarında olayın meydana geldiği yer yetişkinlerde genellikle işyerleri iken, küçük çocuklarda genellikle ev kazaları şeklinde, daha büyük çocuklarda ise park ve sokaklarda elektrik direklerine tırmanma, trafolara girme, tren vagonlarının üzerine çıkma gibi nedenlerle meydana gelmektedir. Çalışmamızda da özellikle erkeklerdeki yüksek gerilim yaralanmalarının bu şekilde meydana geldiği görüldü. Yine evlerin balkonlarına yakın geçen elektrik telleri de ülkemiz için bu

açıdan halen tehlike arz etmektedir [35]. Çalışmamızda bu şekilde yaralanan üç hasta olduğu görüldü. Şehir merkezlerinde elektrik iletim hatlarının yer altına indirilmesi ile birlikte bu risk azalsa da kırsal kesimlerde ve köylerde bu risk devam etmektedir. Şehir içindeki transformatörler de günümüzde büyük ölçüde betonarme yapılarla kapatılmış olmakla beraber kırsal kesimlerde ve köylerde açık alanda bulunması elektrik yaralanmaları için risk teşkil etmektedir (Şekil 5.3).



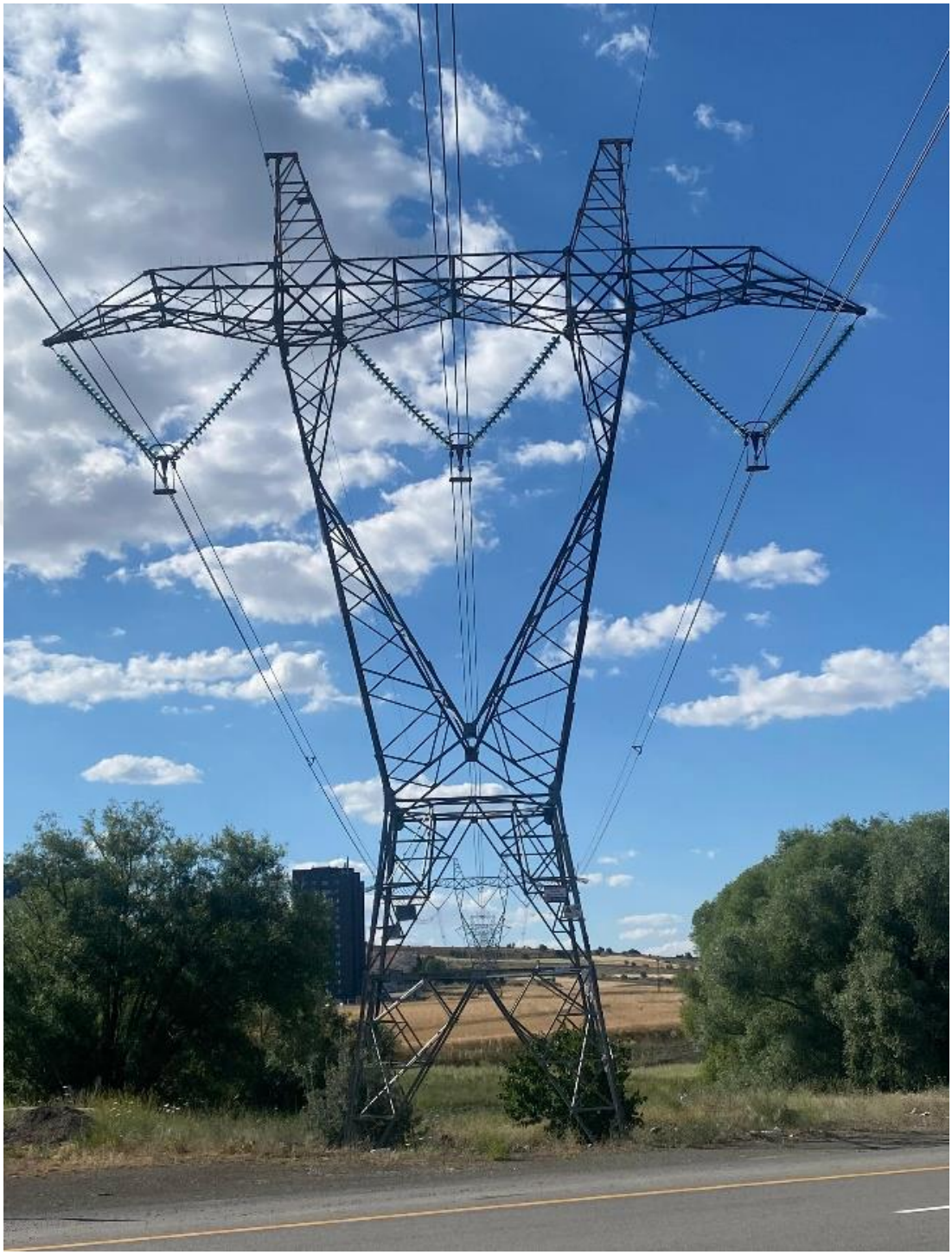
Şekil 5.3. Şehir içinde betonarme yapı ile kapatılmış transformatör

Daha önce şehir dışında bulunan, ancak şehirlerin genişlemesi ile artık yerleşim yerleri arasında kalan yüksek gerilim elektrik iletim hatları da elektrik yaralanmaları açısından risklidir (Şekil 5.4). Plansız ve düzensiz şehirleşme ile birlikte bazı yerlerde bu hatlar binaların arasında kalmakta, bazılarında da yolların üzerinden geçmektedir. Yüksek araçlarla bu yollardan geçildiğinde fiziksel bir temas olmadan ark yaralanmaları oluşabilmektedir (Şekil 5.5). Elektrik direklerinin kolayca tırmanılabilir şekilde olması da özellikle ergen çocukların ilgisini çekmekte ve direklere tırmanıp fotoğraf çekinmek isterken hayatlarını kaybetme riski ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Trenlerin elektrik enerjilerini sağlayan katener sistemler yüksek gerilim elektrik akımına sahip olup, yine tren vagonlarının üzerine tırmanıp fotoğraf çektirmek isteyen

özellikle ergen çocukların ilgisini çekmektedir (Şekil 5.6). Çalışmamızda yine bu şekilde yaralanan üç hasta bulunmaktadır.



Şekil 5.4. Şehir içinde kalan havai yüksek gerilim elektrik iletim hattı



Şekil 5.5. Yol üzerinden geçen havai yüksek gerilim elektrik iletim hattı



Şekil 5.6. Banliyö ve yüksek hızlı trenlerde kullanılan katener sistem

Özellikle yüksek gerilim ile yaralanan hastaların bir kısmında uzun dönem takiplerinde katarakt geliştiği bilinmektedir [65-67]. İki hastamızda bilateral katarakt gelişti ve bu nedenle opere edildiler. Bu nedenle özellikle yüksek gerilim elektrik yaralanmalarından sonra hastalar bu konuda bilgilendirilmeli ve düzenli kontrollerde göz muayenelerinin yapılması sağlanmalıdır.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, çalışmamızın tek merkezli olmasıdır. Zira çok merkezli çalışmalar daha doğru epidemiyolojik verileri ortaya çıkarırlar. İkincisi, çalışmanın süresinin kısa olmasıdır. Bu nedenle bazı hastalarımızda uzun dönem sonuçları tam olarak gözlenememiştir. Bunun için daha uzun süreli ve çok merkezli çalışmaların yapılması planlanmalıdır.

6. SONUÇLAR

Elektrik yaralanmaları ülkemizde halen hem yetişkinlerde hem de çocuklarda önlenebilir kazalar olmasına rağmen ciddi bir halk sağlığı problemi olmaya devam etmektedir. Diğer yanık nedenlerine oranla daha az görülmesine rağmen yüksek ampütasyon oranları, kötü morbidite ve mortalite oranları nedeniyle ciddiyetini korumaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler doğrultusunda; ülkemizde çocuklarda elektrik yaralanmaları ile ilgili tespit ettiğimiz sorunlar ve çözüm önerilerimiz aşağıda sıralanmıştır:

1- Elektrik yaralanmalarında diğer yanık nedenlerine göre ampütasyon oranları, morbidite ve mortalite daha yüksektir.

2- Çocuklarda yüksek gerilim yaralanmaları, en sık adölesan erkek çocuklarda görülmektedir.

3- Düşük gerilim yaralanmalarında da yanığa bağlı komplikasyonlar gelişebilir. Bu nedenle özellikle beş yaş altı çocukların ev içerisindeki elektrik kablolarına, prizlere ulaşımının engellenmesi gerekmektedir. Evlerde özellikle beş yaş altındaki çocukların en sık yaralanma şekillerinden olan uzatma kablolarının orta yerde olmaması için gerekli tedbirlerin alınması sağlanmalıdır. Bu kablolar çocukların erişemeyeceği şekilde saklanmalıdır. Ayrıca elektrik pizlerinin delikleri çocukların metal cisimelri sokamayacağı şekilde kapaklar ile kapatılmalıdır.

4- Amerika Birleşik devletlerinde 1960'lı yıllardan sonra topluma yönelik yaygın eğitimler, televizyonlarda yayınlanan kamu spotları ve diğer eğitici programlar ile evlerde ve işyerlerinde alınan önleyici güvenlik tedbirleri sayesinde hem çocuklarda hem de yetişkinlerde elektrik yaralanmalarının sayısında ciddi azalma sağlanmıştır. Bu ve benzeri önlemlerin ülkemizde de uygulanması ile elektrik yaralanmalarının sayısında ciddi düşüş sağlayabilir. Bunun için yazılı ve görsel medya ile birlikte sosyal medyada yoğun şekilde kamu spotları ve eğitici programlar ile toplumun eğitilmesi sağlanmalıdır.

5- Yüksek gerilim elektrik yaralanmalarının meydana geliş şekilleri göz önüne alınarak, tren istasyonlarında, demiryolalrında insanların izinsiz alanlara geçişi için önlemler artırılmalıdır. Bizim hastalarımızdan üçü tren vagonlarının üzerine çıkma sonucu yaralanmışlardı. Bu hastaların hepsi sosyal medyada yapılan yayınlardan etkilenmişti. Bu nedenle girilmesi yasak olan bu bölgelere girişlerin önlenebilmesi için gerekli güvenlik tedbirleri arttırılmalıdır. Ayrıca vagonların üzerindeki yüksek gerilimin yol açabileceği tehlikeler hakkında özellikle adölesan çocuklara yönelik hem okullarda hem de yazılı ve görsel medya ile sosyal medyada eğitimler verilmelidir.

6- Günümüzde şehir içi yüksek gerilim elektrik iletim hatlarının çoğu yer altına alınmış olmasına rağmen, şehirlerin genişlemesi ile yerleşim yerleri arasında kalan ve kırsal kesimler/köylerdeki havai yüksek gerilim elektrik iletim hatlarının da yer altına alınması gerekmektedir. Bu nedenle çarpık şehirleşmenin önlenmesi ve riskli bölgelerde yerleşime izin verilmemesi önem arz etmektedir. Bu konuda da topluma gerekli bilgiler verilmelidiri.

7- Yüksek gerilim elektrik iletim hattı direklerinin kolayca tırmanılabilir olmaması gerekmektedir. Özellikle kırsal kesimde hala eski tip elektrik direkleri mevcuttur. Bu direkler metaldan yapılmış olup yanlarında bulunan basamaklar sayesinde çocuklar kolayca tırmanabilmektedir. Bu direklerin çocukların tırmanamayacağı betonarme ve düz direklerle değiştirilmesi sağlanmalıdır.

8- Yerleşim yerlerindeki tüm havai iletim hatlarının yer altına alınması sağlanmalıdır.

9- Özellikle yüksek gerilim ile meydana gelen elektrik yaralanmalarında ekstremitelerde kompartman sendromu gelişme ihtimali yüksektir. Bu nedenle bu tür hastaların ilk müdahale edilen hastanede ilgili branşlar tarafından eskaratomi ve/veya fasyotomi açısından dikkatli incelenmesi hayati önem taşımaktadır. Çünkü bu hastalarda dekompresyon tedavilerinin geç yapılmasının ampütasyon oranlarını arttırdığı bilinmektedir. Bu nedenle ilgili branş hekimlerine (ortopedi, çocuk

cerrahisi, genel cerrahi ve plastik cerrahi) konuyla ilgili düzenli eğitimlerin verilmesi sağlanmalıdır.

10- Özellikle ciddi yüksek gerilim elektrik yaralanmalarının tedavileri yeterli olanaklara sahip çocuk yanık merkezlerinde yapılmalıdır. Bunun için hastaların ilk müdahale edildikleri hastanelerde stabilize edildikten sonra sevklerinin hızlı yapılması konusunda gerekenler yapılmalıdır.

11- Çocuklarda meydana gelen elektrik yaralanmaları önelenebilir kazalardır. Amerika Birleşik Devletleri ve gelişmiş ülkelerde sayıları eğitim ve koruyucu önlemlerle ciddi oranda düşürülmüştür. Ülkemizde bu konuda henüz bir eğitim modeli uygulanmamıştır. Bunun için okullarda ilk senelerden başlayarak yaygın şekilde çocuklara gerekli eğitimlerin verilmesinin yanı sıra ebeveynlere de görsel ve yazılı basın (televizyon, gazete, dergi vb) ve sosyal medya aracılığıyla gerekli eğitimlerin verilmesi bu yaralanmaların önlenmesinde hayati önem arz etmektedir. Ayrıca evlerde, sokaklarda (iletim kablolarının yer altına alınması, trafoların güvenli hale getirilmesi), parklarda ve işyerlerinde gerekli koruyucu önlemlerin alınması için gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bu konuda da toplumun bilinçlenmesi gerekli eğitimler planlanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Lam, N.N., et al., *Epidemiology And Risk Factors For Death Of Pediatric Burns In A Developing Country. An Experience From The National Burn Hospital.* Ann Burns Fire Disasters, 2021. **34**(3): p. 213-217.

2. Shah, A., et al., *Epidemiology and profile of pediatric burns in a large referral center.* Clin Pediatr (Phila), 2011. **50**(5): p. 391-5.

3. Saeman, M.R., et al., *Epidemiology and outcomes of pediatric burns over 35 years at Parkland Hospital.* Burns, 2016. **42**(1): p. 202-208.

4. Demir, S., et al., *Electrical Injuries in Children: A 10-Year Experience at a Tertiary Pediatric Burn Center.* J Burn Care Res, 2021. **42**(4): p. 801-809.

5. Gurbuz, K. and M. Demir, *Patterns and Outcomes of High-Voltage vs Low-Voltage Pediatric Electrical Injuries: An 8-Year Retrospective Analysis of a Tertiary-Level Burn Center.* J Burn Care Res, 2022. **43**(3): p. 704-709.

6. LaBorde, T.C. and R.H. Meier, 3rd, *Amputations resulting from electrical injury: a review of 22 cases.* Arch Phys Med Rehabil, 1978. **59**(3): p. 134-7.

7. Khor, D., et al., *Electrical injuries and outcomes: A retrospective review.* Burns, 2023. **49**(7): p. 1739-1744.

8. Rosenberg, M., et al., *Immediate and long-term psychological problems for survivors of severe pediatric electrical injury.* Burns, 2015. **41**(8): p. 1823-1830.

9. Gehlen, J.M. and A.G. Hoofwijk, *Femoral neck fracture after electrical shock injury.* Eur J Trauma Emerg Surg, 2010. **36**(5): p. 491-3.

10. Radulovic, N., et al., *Acute and long-term clinical, neuropsychological and return-to-work sequelae following electrical injury: a retrospective cohort study.* BMJ Open, 2019. **9**(5): p. e025990.

11. Coran, A.G., et al., *Pediatric Surgery E-Book: Expert Consult - Online and Print*. 2012: Elsevier Health Sciences.

12. Moore, K.L., T.V.N. Persaud, and M.G. Torchia, *The Developing Human E-Book: Clinically Oriented Embryology*. 2015: Elsevier Health Sciences.

13. Pontiggia, L., et al., *Human Basal and Suprabasal Keratinocytes Are Both Able to Generate and Maintain Dermo-Epidermal Skin Substitutes in Long-Term In Vivo Experiments.* Cells, 2022. **11**(14).

14. Yousef, H., M. Alhajj, and S. Sharma. *Anatomy, Skin (Integument), Epidermis*. 2019.

15. Bandarapalle, K., et al., *Transdermal Drug Delivery System -A Review Production and Hosted by.* 2023: p. 52-64.

16. Meier, A., *The Physics of Electricity*. 2006. p. 1-29.

17. Vucenovic, S.M., et al., *PHYSIOLOGICAL PROCESSES WHEN AN ELECTRICAL CURRENT PASSES THROUGH THE TISSUES AND ORGANS*. 2017.

18. Yesim Akpinar, K., *Burn Etiology and Pathogenesis,* in *Hot Topics in Burn Injuries*, K. Selda Pelin and B. Dilek, Editors. 2018, IntechOpen: Rijeka. p. Ch. 2.

19. Hettiaratchy, S. and P. Dziewulski, *ABC of burns: pathophysiology and types of burns.* Bmj, 2004. **328**(7453): p. 1427-9.

20. Żwierełło, W., et al., *Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review.* Int J Mol Sci, 2023. **24**(4).

21. Lu, M., et al., *Research advances in prevention and treatment of burn wound deepening in early stage.* Front Surg, 2022. **9**: p. 1015411.

22. Herndon, D.N., *Total Burn Care*. 2007: Saunders Elsevier.

23. Romanowski, K.S. and T.L. Palmieri, *Pediatric burn resuscitation: past, present, and future.* Burns Trauma, 2017. **5**: p. 26.

24. Yarrow, J., N. Moiemen, and S. Gulhane, *Early management of burns in children.* Paediatrics and Child Health, 2009. **19**: p. 509-516.

25. Garcia, N.M. and J.W. Horton, *L-arginine improves resting cardiac transmembrane potential after burn injury.* Shock, 1994. **1**(5): p. 354-8.

26. Hart, D.W., et al., *Persistence of muscle catabolism after severe burn.* Surgery, 2000. **128**(2): p. 312-9.

27. Yu, Y.M., et al., *The metabolic basis of the increase of the increase in energy expenditure in severely burned patients.* JPEN J Parenter Enteral Nutr, 1999. **23**(3): p. 160-8.

28. Knuth, C.M., C. Auger, and M.G. Jeschke, *Burn-induced hypermetabolism and skeletal muscle dysfunction.* Am J Physiol Cell Physiol, 2021. **321**(1): p. C58-c71.

29. Gore, D.C., et al., *Influence of glucose kinetics on plasma lactate concentration and energy expenditure in severely burned patients.* J Trauma, 2000. **49**(4): p. 673-7; discussion 677-8.

30. Arnoldo, B.D. and G.F. Purdue, *The diagnosis and management of electrical injuries.* Hand Clin, 2009. **25**(4): p. 469-79.

31. Han, D., et al., *Epidemiological and Clinical Characteristics of 5,569 Pediatric Burns in Central China From 2013 to 2019.* Front Public Health, 2022. **10**: p. 751615.

32. Tapking, C., et al., *The Frequency and Reason For Amputations in Electrically Burned Pediatric Patients.* J Burn Care Res, 2019. **40**(1): p. 107-111.

33. Cox, S.G., et al., *A review of community management of paediatric burns.* Burns, 2015. **41**(8): p. 1805-1810.

34. Chen, J. and Y. Wang, *Characteristics and risk factors for electrical burn injuries: a study based on World Health Organization Global Burn Registry.* Burns, 2024. **50**(5): p. 1116-1121.

35. Çelik, A., O. Ergün, and G. Özok, *Pediatric electrical injuries: A review of 38 consecutive patients.* Journal of Pediatric Surgery, 2004. **39**(8): p. 1233-1237.

36. Hu, N., et al., *Electrical injuries in children-a 6-year retrospective study.* Injury, 2024. **55**(6): p. 111482.

37. Bailey, M.E., et al., *Epidemiology and outcomes of burn injuries at a tertiary burn care center in Bangladesh.* Burns, 2019. **45**(4): p. 957-963.

38. Talbot, S.G., J. Upton, and D.N. Driscoll, *Changing Trends in Pediatric Upper Extremity Electrical Burns.* 2011. **6**(4): p. 394-398.

39. McLoughlin, E., M.P. Joseph, and J.D. Crawford, *Epidemiology of high-tension electrical injuries in children.* The Journal of Pediatrics, 1976. **89**(1): p. 62-65.

40. Tolouei, M., et al., *An 11-year retrospective study on the epidemiology of paediatric burns in the north of Iran.* Int Wound J, 2023. **20**(9): p. 3523-3530.

41. Lozano, E.I. and J.L. Potterton, *The use of Xbox Kinect™ in a Paediatric Burns Unit.* S Afr J Physiother, 2018. **74**(1): p. 429.

42. Shaikh, S.A., P.A. Telang, and S. Arora, *Physical Therapy Interventions of an Electrical Burn Injury-Afflicted Patient: A Case Report.* Cureus, 2022. **14**(11): p. e31176.

43. Argenta, L.C. and M.J. Morykwas, *Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience.* Ann Plast Surg, 1997. **38**(6): p. 563-76; discussion 577.

44. Cipolla, J., et al., *Negative pressure wound therapy: Unusual and innovative applications.* 2008. **12**: p. 15-29.

45. Ren, Y., P. Chang, and R.L. Sheridan, *Negative wound pressure therapy is safe and useful in pediatric burn patients.* Int J Burns Trauma, 2017. **7**(2): p. 12-16.

46. Eyvaz, K., et al., *Clinical evaluation of negative-pressure wound therapy in the management of electrical burns.* 2018. **24**(5): p. 456-461.

47. Marín, L., et al., *Hyperbaric oxygen therapy for a pediatric electrical burn: A case report.* Burns Open, 2020. **4**(3): p. 137-139.

48. Cimşit, M. and S. Aktaş, *Adjunctive hyperbaric oxygen therapy contributes healing in electrical injury: a case report of high voltage electrical injury.* Ulus Travma Acil Cerrahi Derg, 2005. **11**(2): p. 172-7.

49. Mathangi Ramakrishnan, K., et al., *High voltage electrical burn injuries in teenage children: case studies with similarities (an Indian perspective).* Ann Burns Fire Disasters, 2013. **26**(3): p. 121-5.

50. Byard, R.W., et al., *Death due to electrocution in childhood and early adolescence.* J Paediatr Child Health, 2003. **39**(1): p. 46-8.

51. Arasli Yilmaz, A., et al., *Evaluation of children presenting to the emergency room after electrical injury.* Turk J Med Sci, 2015. **45**(2): p. 325-8.

52. Böhrer, M., S.A. Stewart, and K.F. Hurley, *Epidemiology of electrical and lightning-related injuries among Canadian children and youth, 1997-2010: A Canadian Hospitals Injury Reporting and Prevention Program (CHIRPP) study.* CJEM, 2018. **20**(4): p. 586-591.

53. Depamphilis, M.A., et al., *Surgical management and epidemiological trends of pediatric electrical burns.* Burns, 2020. **46**(7): p. 1693-1699.

54. demir Yiğit, Y. and T. Öztaş, *Low- and High-Voltage Electrical Burns in Children: Ten Years of ExperienceÇocuklarda Düşük ve Yüksek Voltajlı Elektriksel Yanıklar: On Yıllık Deneyim.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 2022. **18**.

55. Huei, T.J., et al., *Case report of a high voltage electrical injury and review of the indications for early fasciotomy in limb salvage of an electrically injured limb.* Ann Burns Fire Disasters, 2017. **30**(2): p. 150-153.

56. Jensen, P.J., et al., *Electrical injury causing ventricular arrhythmias.* 1987. **57**(3): p. 279-283.

57. Fatovich, D.M., *Delayed lethal arrhythmia after an electrical injury.* Emerg Med J, 2007. **24**(10): p. 743.

58. Kose, S., et al., *Electrical injury as a possible cause of sick sinus syndrome.* J Korean Med Sci, 2003. **18**(1): p. 114-5.

59. Arrowsmith, J., R.P. Usgaocar, and W.A. Dickson, *Electrical injury and the frequency of cardiac complications.* Burns, 1997. **23**(7-8): p. 576-8.

60. Bailey, B., et al., *Cardiac monitoring of children with household electrical injuries.* Ann Emerg Med, 1995. **25**(5): p. 612-7.

61. Blackwell, N. and J. Hayllar, *A three year prospective audit of 212 presentations to the emergency department after electrical injury with a management protocol.* Postgrad Med J, 2002. **78**(919): p. 283-5.

62. Purdue, G.F. and J.L. Hunt, *Electrocardiographic monitoring after electrical injury: necessity or luxury.* J Trauma, 1986. **26**(2): p. 166-7.

63. Searle, J., et al., *Cardiac Monitoring in Patients With Electrical Injuries.* Dtsch Arztebl International, 2013. **110**(50): p. 847-853.

64. Stommel, A.-M., et al., *International Multi-Center Analysis of In-hospital Morbidity and Mortality of Low-Voltage Electrical Injuries.* Frontiers in Medicine, 2020. **7**.

65. Baranwal, V.K., et al., *A case of electric cataract.* Med J Armed Forces India, 2014. **70**(3): p. 284-5.

66. Kaergaard, A., et al., *Electrical injury and the long-term risk of cataract: A prospective matched cohort study.* Acta Ophthalmol, 2023. **101**(1): p. e88-e94.

67. Grewal, D.S., et al., *Unilateral electric cataract: Scheimpflug imaging and review of the literature.* Journal of Cataract & Refractive Surgery, 2007. **33**(6).

68. Brandao, C., et al., *Electrical burns: a retrospective analysis over a 10-year period.* Ann Burns Fire Disasters, 2017. **30**(4): p. 268-271.

8. ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Abdurrahman Urve Uzun

Doğum yeri ve tarihi:

Uyruğu:

Medeni durumu:

İletişim adresi ve telefonu:

Yabancı dili:

II- Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

2010-2017 Gaziosmanpaşa Üniversitesi - Tıp Fakültesi

2005-2009 Ankara Özel Öncü Koleji Anadolu Lisesi

2004-2005 Ankara Özel Öncü Koleji

2002-2004 Yunus Emre İlköğretim Okulu

2001-2002 Ankara Özel Çağrı Koleji

1998-2001 Yunus Emre İlköğretim Okulu

III- Ünvanları (tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru)

IV- Mesleki Deneyimi

2017-2019 Rize Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi – Pratisyen Hekim

2019-2019 Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi - Çocuk Cerrahisi Asistanı

2019-2024 Ankara Bilkent Şehir Hastanesi - Çocuk Cerrahisi Asistanı

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

VI- Bilimsel İlgi Alanları

Yayınları:

COVID-19 Pandemisi Çocuklarda Apandisit Tanısının Konulmasında Gecikmelere Neden Oluyor mu? **(**Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi 2021)

VII- Bilimsel Etkinlikleri

Aldığı burslar

Ödüller

Projeleri

Verdiği konferans ya da seminerler

Katıldığı paneller (panelist olarak)

VIII- Diğer Bilgiler

Eğitim programı haricinde aldığı kurslar ve katıldığı eğitim seminerleri

Organizasyonunda katkıda bulunduğu bilimsel toplantılar

Diğer üyelikleri

9. EKLER

EK 1. TEZ KONUSU ONAY FORMU

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı: Telefon: E-Posta:	**Abdurrahman Urve UZUN**
Uzmanlık Dalı:	**Çocuk Cerrahisi**
Eğitim Kurumu:	**T.C. SAĞLIK BAKANLIĞI Ankara Bilkent Şehir Hastanesi**
Uzmanlık Eğitimine Başlama Tarihi:	**20.06.2019**
Uzmanlık Eğitimini Bitirme Tarihi:	**04.08.2024**
Program Yöneticisinin Adı Soyadı:	**Prof. Dr. Emrah ŞENEL**
Tez Danışmanının Adı Soyadı: Telefon: E-Posta:	**Doç. Dr. Sabri DEMİR**

*Araştırma/Tez Konusu (Study Title) Çocuklarda Elektrik İnjurileri ve Uzun Dönem Sonuçları
1-Araştırma Sorusu (Research problem) Elektrik yaralanmaları, hem yetişkinlerde hem de çocuklarda diğer yanık nedenlerine oranla daha az görülmelerine rağmen (ortalama %4) mortalite ve morbiditeleri daha yüksek olup yanık ünitelerinde yapılan ampütasyonların en sık nedenidirler. Küçük çocuklarda daha çok ev içi kazalar şeklinde ve düşük gerilim ile temas sonucu meydana gelirken özelikle adölesanlarda ev dışında ve yüksek gerilim ile temas sonucu meydana gelmektedir ve morbidite ve mortalite yükselmektedir. Ülkemizde çocuklarda bu konu ile ilgili yapılmış fazla çalışma yoktur. Çocuk yanık merkezimiz ülkemizin en büyük ve gelişmiş çocuk yanık merkezidir. Özellikle Ankara Bilkent Şehir Hastanesine taşındığımızdan beri hasta sayımız ve çeşitliliğimiz artmıştır. Bu nedenle, yeni çocuk yanık merkezimizde elektrik yaralanmaları nedeniyle tedavi ettiğimiz çocuk hastalarla ilgili verilerimizi

araştırıp ulusal ve uluslararası alanlarda paylaşacak ve konu ilgili deneyimlerimizi paylaşacağız.

2-Arka Plan ve Gerekçe (Background/rationale)

Yetişkinlerde görülen elektrik yaralanmaları daha çok iş ortamında ve iş kazaları sonucunda meydana gelirken çocuklarda ise en çok ev ortamında ve ev kazası şeklinde görülürler. Çocuklarda görülen elektrik yaralanmalarında E:K oranı 2:1 iken yetişkenlerde %90 oranında erkeklerde görülürler.

Elektrik 18. yüzyılda keşfedildiktinden sonra, 19 yüzyılda günlük yaşantımızın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Günümüzde her alanda varolan teknolojik gelişmeler elektriğin kullanılmasının sonucudur. Ancak bu gelişmelerin bir bedeli olarak, 19 yydan itibaren hem iş kazası hem de ev kazalarının önemli bir nedeni olmaya başlamıştır. Elektrik akımına maruz kalma sonucu ilk ölüm olayı 1879 yılında Fransa'da meydana gelmiştir. Elektrikli cihazların güvenlik standartlarında sağlanan hızlı gelişmelere rağmen elektrik innjürileri çok sayıda mortalite ve morbidite nedeni olmaya devam etmektedir. Yetişkinler kadar çok olmamakla birlikte çocuklarda da yüksek gerilime bağlı elektrik yaralanmaları görülmektedir.

Meydana gelen hasarın şiddetini birden çok faktör belirler. Bu faktörler; gerilimin büyüklüğü (düşük veya yüksek), akımın büyüklüğü (amper), akımın türü (alternatif veya doğru), akımın geçiş yolu, temas süresi, temas noktasının direnci ve kişinin yatkınlığı belirler.

Elektrik injürileri, temas edilen kaynağın gerilimine göre yüksek ve düşük gerilim elektrik injürileri olarak ikiye ayrılırlar. 1000 V'un altındakiler düşük, 1000 V ve üzerindekiler ise yüksek gerilim elektrik yaralanmaları olarak sınıflandırılmaktadır.

Elektrik injürileri ve bunların sonucunda meydana gelen yanıklar ciddi mortalite ve morbidite ile sonuçlanırlar. Çocuk yanık merkezimiz, Türkiye'de en ağır çocuk yanık olgularını kabul eden üçüncü basamak bir merkezdir. Bu araştırma ile yanık merkezimizde tedavi ettiğimiz elektrik injürilerinin demografik verilerini (yaş, cinsiyet), hastanede yatış gün sayılarını, mortalite oranlarını, ampütasyon oranlarını, yüksek ve düşük gerilim elektrik yaralanmalarının sayıları ve birbirine oranlarını ile bu gruplar arasındaki farklılıkları araştıracağız. Ayrıca hastaların

tedavilerinde negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYKT) ve hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) kullanılıp kullanılmadığı araştırılacaktır.

Verilerimizin sonuçlarını bilim dünyası ile paylaşacağız. Bununla birlikte, ülkemizde çocuklarda elektrik yaralanmalarının çoğunlukla nerde ve nasıl meydana geldiğini araştırmış olacağız. Bu araştırmanın sonucunda da çocuklarda meydana gelen elektrik injürilerinin önlenebilmesi için çözüm önerilerimizi sunacağız.

3-Araştırma amacı (Objectives)

Araştırmamızın amacı çocuk yanık merkezimize kabul ettiğimiz elektrik injürileri ile ilgili üç yıllık veriyi değerlendirmek ve bu hastalarda uzun dönemde meydana gelen sekelleri/sorunları araştırmaktır. Çalışmanın ikincil amacı ise elektrik injürilerinin meydana gelmesinde rol oynayan faktörleri incelemek ve çoğunlukla önlenebilir olan bu yaralanmaların önüne geçilebilmesi için çözüm yollarını önermektir.

4-Hipotez (Hypothesis)

Çocuk yanık merkezimiz ülkemizin çocuk yanıkları tedavisi için mevcut en ileri merkezi konumundadır. Ankara Bilkent Şehir Hastanesindeki yeni yerinde daha çok sayıda ve daha ağır elektrik ile temas sonucu yaralanan hastamız olmaya başlamıştır. Bu nedenle bu hastaların verileri gözden geçirilecek, morbidite ve mortalite ilgili faktörler tespit edilecek ve bu yaralanmaların önlemesi için alınması gereken önlemler tespit edilecek ve gerekirse ilgili mercilere bildirilecektir.

5-Araştırma türü/tasarım (Study Design):

Araştırmamız retrospektif hasta dosyalarının taranması şeklinde yapılacaktır. Ankara Bilkent Şehir Hastanesinin Çocuk Yanık Merkezinin açıldığı tarih olan 24.08.2019 tarihinden, üç yılın dolduğu tarih olan 24.08.2022 tarihine kadar olan hastaların verileri retrospektif olarak taranacak ve oluşturulan veri kayıt formuna işlenecektir. Böylece Çocuk Yanık Merkezimizde toplam üç yıl içinde yatırılarak tedavileri yapılan tüm hastalar çalışmaya dahil edilmiş olacaktır.

6- Araştırma yeri (Study Setting/ Location)

Araştırmamız, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Çocuk Cerrahisi Kliniği, Çocuk Yanık Merkezinde yapılacaktır.

7- Araştırmaya katılanlar/denekler (Study Population)

Araştırmaya dahil olma kriterleri;

1. Elektrik yaralanması ve diğer yanık nedenleri ile çocuk yanık merkezimizde 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında tedavi edilmiş olmak

Araştırmaya alınmama kriterleri;

1. Elektrik yaralanması ve diğer yanık nedenleri ile çocuk yanık merkezimizde 24.08.2019 ile 24.08.2022 tarihleri arasında tedavi edilmemiş olmak

8- Araştırmanın birincil ve ikincil sonuç değişkenleri (Primary and Secondary Outcome)

Birincil sonuç değişkenleri: Hastalar, önce cinsiyetlerine göre erkek ve kız olarak ikiye ayrılacaktır. Literatürde elektrik yanıklarının erkeklerde daha çok görüldüğü bildirilmiştir. Bizim hastalarımızda her iki cinsiyetin oranları ve farklılıkları tespit edilecektir. Sonra hastalar elektrik kaynağının gerilim durumuna göre düşük gerilim ve yüksek gerilim olarak ayrılacaktır. En sonunda da yaş gruplarına göre (0-4, 5-8, 9-14 ve 15- 18 yaş) hastalar gruplandırılacaktır. Oluşturulan gruplar karşılaştırılacaktır.

Araştırmanın ikincil sonuç değişkenleri: Önce erkekler ve kızlar arasında tespit ettiğimiz benzerlik ve farklılıklar belirlenecektir. Literatürde erkeklerde yüksek gerilim elektrik yanıklarının daha fazla görüldüğü, mortalitenin daha yüksek olduğu ve ampütasyonların daha fazla olduğu bildirilmiştir [68]. Verilerimizin literatürle benzer olup olmadığı araştırılacaktır. Sonra yüksek ve düşük gerilim elektrik injürilerinin görülme sıklıkları ve aralarında görülen farklılıklar araştırılacaktır. Burda her iki grupta yapılan cerrahi girişim sayıları, hastaneden yatış süreleri, greft yapılma oranları, amputasyon sayıları, uzun dönemde sekel görülme oranları ve mortalite değişkenleri araştılıp karşılaştırılacaktır. Sonunda da oluşturulan yaş gruplarının demografik ve karakteristik özellikleri araştılacaktır. Yaş gruplarına göre elektrik injürilerinin sıklıkları, gerilim türleri, yapılan cerrahi girişim sayıları, hastaneden yatış süreleri, greft yapılma oranları, ampütasyon sayıları, uzun dönemde sekel görülme oranları ve mortalite değişkenleri araştırılacaktır.

9- Araştırma Süreçleri (Study procedures)

Araştırmamızın onayı alındıktan sonra önce hastanemizin Tıpta Uzmanlık Eğitim Kuruluna (TUEK) ve ardından etik kurul onayı için 2. Nolu Etik Kurula başvurulacaktır. Bu kurullardan onay alındıktan sonra çalışma başlatılacaktır.

Önce hastaların verilerinin işleneceği veri toplama formu (excel dosyası) düzenlenecektir. Sonra hastaların dosyaları retrospektif olarak taranacaktır. Aşağıda belirtilen değişkenler her hasta için işlenecektir.

Çalışmaya çocuk yanık merkezimizde elektrik injürileri nedeniyle tedavi edilen hastalar dahil edilecektir.

Yukarda da belirtildiği gibi hastalar önce cinsiyetlerine göre ikiye, sonra gerilim türüne göre yüksek ve düşük gerilim grupları olarak ikiye ayrılacak ve gruplar karşılaştırılacaktır. En sonunda da hastalar oluşturulan yaş gruplarına göre 0-4, 5-8, 9-14 ve 15- 18 yaşlar olarak 4 gruba ayrılacak ve grupların arasında farklılıklar ve benzerlikler araştırılacaktır.

Çalışmada randomizasyon yapılmayacaktır. Hastalara herhangi ek bir müdahale yapılmayacaktır. Sadece rutin kontrollerde istenilen muayeneler yapılacaktır.

Hastaların verilerinin işlenmiş olduğu veri toplama formundan elde edilen veriler değerlendirilecektir. Bu veriler SPSS istatistik programı ile aşağıda detaylı bir şekilde tarif edildiği gibi analiz edilecektir.

İstatistiksel analiz sonuçlarımız güncel literatür eşliğinde değerlendirilecektir. Ve sonunda çalışmamızın verileri yazıya dökülecektir.

10-Örnek büyüklüğü ve istatistiksel güç (Sample size and statistical power)

Çalışmanın evrenini Çocuk Yanık Merkezimizde 24.08.2019 ve 24.08.2022 tarihleri arasında yanık nedeniyle yatarak tedavi gören her iki cinsiyetten hastalar oluşturacaktır. Gerekli etik kurul onayı alındıktan sonra 24.08.2019'ten 24.08.2022 tarihine kadar hastaların dosyaları retrospektif olarak incelenecek ve verileri kaydedilecektir. Belirlenen tarihler arasındaki hasta sayısı çalışmanın örneklem büyüklüğünü oluşturacaktır.

11- İstatistiksel yöntemler (Statistical methods)

Hastaların yaş, cinsiyet, olayın nerde ve nasıl meydana geldiği, hastanede yatış süreleri, toplam yanık yüzey alanları (TYYA, m^2), ek travmalarının olup olmadığı, elektrik gerilimleri (düşük veya yüksek olarak), greft, ve ampütasyon yapılıp yapılmadığı, yaralarının kapatılmasında negatif basınçlı yara kapama tekniği (NBYKT) ve hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) uygulanıp uygulanmadığı ve mortalite sayıları araştırılıp veri toplama formuna işlenecektir. Ayrıca hastaların uzun dönem takiplerinde katarakt, kontraktür gelişip gelişmediği araştırılacak ve veri toplama formuna işlenecektir.

Tüm verileri toplandıktan sonra hastalar önce cinsiyetlerine göre kız ve erkek sonra gerilimin büyüklüğüne göre düşük gerilim grubu ve yüksek gerilim grubu olarak iki gruba ayrılacaktır. Ardından hastalar yaş gruplarına göre 0-4, 5-8, 9-14 ve 15- 18 yaş gruplarına ayrılacak ve tüm grupların değişkenleri karşılaştırılacaktır. Cinsiyetler arasında, yaş grupları ve gerilim grupları arasında farklılık olup olmadığı araştırılacaktır.

Verilerin analizinde Statistical Package for Social Sciences (SPSS), version 25, (Chicago, USA) kullanılacaktır. Nümerik değerler için önce normal dağılıp dağılmadıkları normallik testleri ile (Kolmogorov-Smirnov veya Shapiro-Wilk) ile araştırılacaktır. Tanımlayıcı istatistiksel analizde ise normal dağılan değişkenler için Student T testi, normal dağılmayanlar ise Mann-Whitney U testi kullanılacaktır. Kategorik olan değişkenlerin analizinde ise Ki-kare veya Fischer exact testleri kullanılacaktır. İleri analizler için hipotez testleri, korelasyon ve regresyon testleri ile veriler analiz edilecektir. Tüm değişkenler için $p<0.05$ anlamlı kabul edilecektir.

12-Etik Öngörü (Ethical Considerations)

Araştırmamz Helsinki deklarasyonu prensiplerine, İyi Klinik Uygulama (Good Clinical Practice) ilkelerine ve denek araştırma etik kurallarına göre yapılacaktır ve sözleşmelerin ilkeleri ile çelişmeyecektir.

13- Anahtar kelimeler (Keywords)

Elektrik yaralanmaları, yüksek gerilim elektrik, düşük gerilim elektrik, yanık, ampütasyon.