



T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
ANKARA ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI HEMATOLOJİ,
ONKOLOJİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ
REHBER EĞİTİM GÖREVLİSİ: Doç. Dr. Tülin Revide ŞAYLI

ÇOCUK HASTANESİNE ELEKTRİK ÇARPMASI İLE BAŞVURAN OLGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Semanur ÖZDEL

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Tülin Revide Şaylı

ANKARA

2012



T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
ANKARA ÇOCUK SAĞLIĞI VE HASTALIKLARI HEMATOLOJİ,
ONKOLOJİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ
REHBER EĞİTİM GÖREVLİSİ: Doç. Dr. Tülin Revide ŞAYLI

ÇOCUK HASTANESİNE ELEKTRİK ÇARPMASI İLE BAŞVURAN OLGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. Semanur ÖZDEL

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Tülin Revide Şaylı

ANKARA 2012

T.C. Sağlık Bakanlığı'na;

Bu çalışma jürimiz tarafından, uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

Rehber Eğitim Görevlisi: **Doç. Dr. Tülin Revide ŞAYLI**

Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji
Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Üye:

Doç. Dr. Serap Teber

Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji
Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Üye:

Doç. Dr. Banu ÇELİKEL ACAR

Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji
Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Asistanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi, yardım ve desteğini esirgemeyen, mesleki becerilerimin ve sağduyumun gelişmesinde büyük katkıları olan, engin tecrübelerinden her zaman yararlanma fırsatı bulduğum değerli hocam, Doç. Dr. Tülin Revide ŞAYLI'ya,

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan her zaman gurur duyduğum Doç. Dr. Nilgün ÇAKAR, Doç. Dr. Gülşen KÖSE, Prof. Dr. Bahattin TUNÇ, Doç. Dr. Fatma Demirel, Doç. Dr. Serap Teber, Doç. Dr. Banu Çeliklel Acar ve diğer hocalarıma,

Birlikte çalıştığımız tüm uzmanlarımız ve hastane çalışanlarına,

Her zaman yanımda olup desteklerini hiç esirgemeyen çok sevgili asistan arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında ellerini omzumda hissettiğim, kendimi hep şanslı hissettiren sevgili aileme ve eşim Kadir ÖZDEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

Dr. Semanur Özdel

ÖZET

ÖZDEL, Semanur. Çocuk hastanesi acil servisine elektrik çarpması ile başvuran olgular. S. B. Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji Onkoloji Eğitim Araştırma Hastanesi, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2012

Elektrik yaralanmaları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir sağlık sorunudur. Çalışmamızda elektrik yaralanmalarının demografik ve klinik özelliklerinin, laboratuvar bulgularının, komplikasyonlarının ve yaralanmalara bağlı ölüm ve morbidite oranlarının araştırılması amaçlanmıştır. Ocak 2007-Ocak 2012 tarihleri arasında elektrik çarpması nedeniyle acil servise başvuran 93 çocuk olgu geriye dönük olarak incelendi. Olguların % 74,2'si erkek, % 25,8'si kız olup yaş ortalaması $6,8 \pm 4,2$ yıldır ve çoğunluğunu 0-4 yaş arası grup oluşturmaktaydı.. Hastaların ortalama hastanede kalış süresi $9,6 \pm 21,5$ gündü. Elektrik çarpmalarının çoğu elektrik prizinden (% 33,3) ve elektrik kablosundan (% 26,2) kaynaklıydı, % 45,2'si ise yaz döneminde görülmüştü. Olguların % 71,7'si düşük voltaja, % 28,3'ü yüksek voltaja maruz kalmıştı. Elektrik çarpmaları ev içinde daha çok (% 62) görülmüştü. Ev içinde elektrik çarpan hastaların tamamı düşük voltaja, ev dışında ise hastaların % 25,7'si düşük voltaja, % 74,3'ü yüksek voltaja maruz kalmıştı. Aspartat aminotransferaz (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), kreatin kinaz (CK) ve kreatin kinaz-miyokardiyal band (CK-MB) değerleri yüksek voltaja maruz kalan grupta daha yüksek olarak bulundu ($p < 0,05$). Yoğun bakımda takip edilen 8 hastanın 7'si yüksek voltajlı elektriğe maruz kalmıştı. Çalışmamızda ölen olgu saptanmadı. Hastalarımızın çoğunluğunun evlerinde düşük voltajlı elektrik akımına maruz kalması ev içi önlemlerin önemini göstermektedir. Elektriğe bağlı kazaların önlenmesi için alt yapı sorunlarının çözülmesi, eğitimle birlikte güvenlik önlemlerinin alınması ve uygulanması gerektiğini düşünüyoruz.

Anahtar Kelimeler: Acil servis, elektrik yaralanmaları, yüksek ve düşük voltaj, yanıklar, epidemiyoloji

SUMMARY

ÖZDEL, Semanur. Cases that Present with Electrical Injuries to the Pediatric Emergency Room. Ankara Children's Hematology Oncology Education and Research Hospital, 2012.

Electrical injuries are an important health problem in our country. The aim of this study was to investigate the demographic and clinical characteristics of electrical injuries, laboratory findings, complications, and mortality and morbidity rates of these injuries. Patients with electrical injuries admitted to the emergency department between January 2007-2012 were retrospectively analyzed. The cases were evaluated by age, gender, source of electrical power, seasonal distribution, ECG changes, laboratory findings, clinical care units, complications and mortality rate. Out of 93 patients, 74,2 % were male and 25,8 % female. The mean age of the patients was $6,8 \pm 4,2$ years. Electrical injuries were most frequently encountered in the 0-4 year age group. The mean hospital stay was $9,6 \pm 21,5$ days. Seventy-one point seven (71,7 %) of the cases were exposed to low-voltage electricity, while twenty-eight point three (28,3 %) were exposed to high-voltage electricity. Most electrical injuries, a rate of 62 % were seen in home settings. All of those who exposed electricity indoor were exposed to low voltage where as the outdoor victims' 25,7 % were exposed to low voltage and 74,3 % were exposed to high voltage. Forty-five point two (45,2 %) of all of electrocution cases occurred during the summer period. Aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), creatine kinase (CK) and CK-MB levels were higher in group exposed to high-voltage electricity ($p<0,05$). Eight patients were treated in the intensive care unit. Seven of them exposed to high voltage. No patient died. Most of victims were exposed to low voltage current at home. The results of showed that indoor preventive measures have an important role avoid electrical injuries. We suggested that standardising and supervising electrical wires and circuitry and circuit breakers should be used in the home settings.

Key words: Emergency service, electrical injuries, high and low voltage, burns, epidemiology

İÇİNDEKİLER	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Elektriğin Tarihçesi.....	2
2.2. Elektriğin Fizyolojisi ve Temel Prensipleri	4
2.3. Epidemiyoloji.....	5
2.4. Elektrik Yaralanmalarının Şiddeti ile İlişkili Faktörler.....	6
2.4.1. Akımın Cinsi.....	6
2.4.2. Akımın Şiddeti.....	8
2.4.3. Akımın Voltajı.....	9
2.4.4. Akımın Direnci.....	10
2.4.5. Akıma Maruz Kalınan Süre.....	11
2.4.6. Akımın Yönü.....	11
2.5. Elektrik Yaralanmalarının Nedenleri.....	12
2.5.1. Kaza.....	12
2.5.2. İntihar.....	12
2.5.3. Cinayet.....	12
2.5.4. İşkence.....	12
2.5.5. Tıbbi.....	12

2.6. Elektrik Çarpmalarında Ölüm Mekanizmaları.....	13
2.7. Elektrik Akımının Vücuttaki Etkileri.....	13
2.7.1. Kalp-Damar Sistemi.....	13
2.7.2. Cilt.....	15
2.7.3. Sinir Sistemi.....	17
2.7.4. Solunum Sistemi.....	18
2.7.5. Kas.....	18
2.7.6. Kemik ve Eklemler.....	19
2.7.7. Karın İçi Organlar.....	19
2.7.8. Ağız.....	19
2.7.9. Kulak.....	19
2.7.10. Göz.....	20
2.8. Elektrik Çarpması Olan Hastaya Yaklaşım.....	21
2.9. Tedavi.....	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	25
4. BULGULAR.....	27
5. TARTIŞMA.....	39
6. SONUÇLAR.....	44
7. KAYNAKLAR.....	47

KISALTMALAR DİZİNİ

Sn	: Saniye
V	: Volt
A	: Amper
mA	: Mili amper
AC	: Alternatif akım
DC	: Direk akım
VF	: Venriküler fibrilasyon
SSS	: Santral sinir sistemi
KVS	: Kardiyovasküler sistem
EKG	: Elektrokardiyogram
EKO	: Ekokardiyogram
SA	: Sinoatriyal nod
AV	: Atriyoventriküler nod
ALT	: Alanin aminotransferaz
AST	: Aspartat aminotransferaz
CK	: Kreatin kinaz
CK-MB	: Kreatin kinaz-myokardiyal band
LDH	: Laktat dehidrogenaz
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
KMP	: Kardiyomyopati
ICU	: Intensive Care Unit (Yoğun bakım ünitesi)
ADH	: Anti-diüretik hormon
IV	: Intravenöz
Hz	: Hertz
ARDS	: Akut respiratuar distress sendromu
BT	: Bilgisayarlı tomografi
ABY	: Akut böbrek yetmezliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Olguların cinsiyet dağılımı.....	27
Şekil 4.2. Olguların yaş gruplarına göre dağılımı	27
Şekil 4.3. Başvurulan mevsimler.....	32
Şekil 4.4. Elektrik akım giriş dağılımı.....	33

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Cilt direnci.....	4
Tablo 2.2. Elektrik yaralanmalarının şiddeti ile ilişkili faktörler.....	6
Tablo 2.3. Farklı şiddetlerdeki elektrik akımının patolojik etkileri.....	8
Tablo 2.4. Düşük voltajlı ve yüksek voltajlı elektrik akımları ile yıldırım özellikleri.....	9
Tablo 2.5. Elektrik yaralanmalarının mekanizmaları.....	16
Tablo 2.6. Elektrik yaralanmalarının komplikasyonları.....	20
Tablo 4.1. Hastaların yaş ve cinsiyet dağılımları.....	28
Tablo 4.2. Elektrik kaynak gücüne göre dağılım.....	28
Tablo 4.3. Kaynak gücüne göre cinsiyet dağılımı.....	28
Tablo 4.4. Elektrik kaynağına göre dağılım.....	29
Tablo 4.5. Hastaların kaynak gücüne göre yaş grupları.....	29
Tablo 4.6. Hastaların kaynak gücüne göre yanık durumları.....	30
Tablo 4.7. Hastaların yanık dereceleri.....	30
Tablo 4.8. Hastaların izlem yerleri.....	30
Tablo 4.9. Yanığı olan hastaların izlem yerleri.....	31
Tablo 4.10. Elektrik kaynağı gücüne göre yanık dereceleri.....	31
Tablo 4.11. Hastaların başvuru sırasındaki bilinç durumları.....	32
Tablo 4.12. Elektrik akımına maruz kalınan yer dağılımı.....	32
Tablo 4.13. Elektrik kaynak gücünün maruz kalınan yere göre dağılımı..	33
Tablo 4.14. Maruz kalınan yerlere göre yaş grupları.....	34
Tablo 4.15. Hastaların laboratuvar sonuçları.....	34

Tablo 4.16.	Elektrik kaynak gücüne göre AST düzeyi.....	35
Tablo 4.17.	Elektrik kaynak gücüne göre LDH düzeyi.....	36
Tablo 4.18.	Elektrik kaynak gücüne göre CK düzeyi.....	36
Tablo 4.19.	Elektrik kaynak gücüne göre CK-MB düzeyi.....	37
Tablo 4.20.	EKG sonuçlarına göre dağılım.....	37
Tablo 4.21.	EKO sonuçlarına göre dağılım.....	37
Tablo 4.22.	Yoğun bakımdaki hastalara yapılan müdahaleler.....	38



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Elektrik yaralanmaları diğer yaralanmalara oranla daha seyrek görülmekte ve lokal cilt yanığından ölüme kadar değişebilen klinik tablolara neden olabilmektedir (1).

Elektrik çarpmaları; yüksek gerilim hatları, trafolar, sanayi elektriği ve yıldırım kaynaklı temas ve elektriksel ark oluşmaları sonucu gelişen yüksek voltajlı akımla ($>1000V$) ya da genellikle ev içi elektrik kaynaklı düşük voltajlı akımla ($<1000V$) gelişebilir (1). Yüksek voltajlı elektrik çarpmalarında derin yanıklara ve kompartman sendromuna bağlı organ kayıpları, kas yıkımına bağlı böbrek yetmezliği ve çoklu organ yetmezliği sık görülür. Düşük voltajlı elektrik çarpmalarında ise yaralanmalar daha az, yanıklar genellikle daha yüzeyseldir ve kas yıkımı seyrektir. Yüksek voltaja bağlı elektrik çarpmalarında daha sık olmakla birlikte her iki tipte de yaşamı tehdit eden kardiyak ritim bozuklukları, özellikle ventriküler fibrilasyon (VF), elektrik akımı tarafından fırlatılmaya bağlı gizli travma ve solunum durması görülebilir (1-3).

Elektrik enerjisinin kullanımının artması ile birlikte son yıllarda elektriğe bağlı kazalarda artış görülmektedir (1). Bu kazaların büyük oranda önlenabilir kazalar olması epidemiyolojik verilerin önemini ortaya çıkarmaktadır. Elektrik çarpmalarının risk grupları saptanabilirse önlem alınması kolaylaşacaktır. Bu çalışmada elektrik çarpması nedeniyle acil servisimize başvuran çocuk hastaları geriye dönük değerlendirilerek elektrik çarpan çocukların demografik ve klinik özelliklerinin, gelişen komplikasyonların araştırılması amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Elektriğin Tarihçesi

“Elektrik” sözcüğünün kaynağı Yunanca kehribar anlamına gelen elektron sözcüğünden gelmektedir. Milattan önce VI. yüzyılda Yunanlı bilgin Thales’in kumaş parçasına sürtülen kükürtle kaplı kauçuğun saman parçacıklarını çektiğini gözlemesi, insanoğlunun elektrikle ilk tanışması olarak kabul edilir. Modern dönemdeki elektrik çalışmalarının XVI. yüzyılda William Colbert’in araştırmalarıyla başladığı söylenebilir. Diğer bir araştırmacı olan Gilbert kehribar dışında cam, kükürt, balmumu gibi pek çok maddenin elektriksel özellik kazandığını, elektriksel kuvvetlerin çok çeşitli maddeler üzerine etki yaptığını göstermiştir (4).

Yıldırım çarpmalarından dolayı aslında insanlar tarih boyunca elektrikle karşılaşmışlardır. Yıldırım çarpmalarının harap edici gücünden dolayı insanlar elektrikten korkmuş ve elektriğin doğaüstü bir güç olduğuna inanmışlardır. Hatta eski Yunan tanrılarında olan Zeus’un ellerinden elektrik çıkarırken resmedilmiş bir hali vardır. Mitolojiye göre Zeus elektriğini kendine itaat etmeyenlere karşı onları cezalandırmak için kullanırmış. Elektriğin 1800’lü yılların ortalarında bulunması ve yaygınlaşması elektriğin doğaüstü bir güç olmadığını göstermiştir. Artık elektrik, evde ve işte kullanılan, ulaşımı kolay, basit bir enerji çeşidi olmuştur (1).

Amper 1820 yılında serbestçe hareket eden bir iğnenin yardımıyla elektrik akımını ölçen bir aygıt yapmış ve 1825’te manyetizmanın, manyetik cisimler içindeki taneciklerde bulunan küçük, dirençsiz, dairesel elektrik akımlarından kaynaklandığını bulmuş, bunun sonrasında elektromanyetizma bilim dalı gelişmiştir (4). Hertz laboratuvarında elektromanyetik dalgaları üretmiştir. Böylece bugün radyo, televizyon, tele faks gibi elektromanyetik dalgalarla çalışan birçok araç yaşantımıza girmiştir (4, 5).

Bir yandan elektrik ve manyetizma arasındaki bağıntı araştırılırken, diğer yandan George Ohm 1826–1827 yılları arasında bir elektrik devresindeki potansiyel, akım ve direnç arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bir iletkenin geçen akımın; iletkenin uçları arasındaki gerilim ile doğru, iletkenin direnciyle ters orantılı olduğunu

bulmuştur (2, 5). Joule 1840 yılında, bir tel dirençten akan elektrik akımından çıkan ısıyı ölçmüştür. Böylece birim zamanda ortaya çıkan ısının, telin direnci ile telden geçen akımın karesinin çarpımıyla doğru orantılı olduğunu bulmuş (Joule Yasası) ve elektrik enerjisinin, direnç aracılığı ile ısıya dönüştüğünü göstermiştir. Görüldüğü gibi, çağdaş yaşamın vazgeçilmez ögesi olan elektrik enerjisinin anlaşılması ve insanlığın yararına kullanılmasında birçok bilim adamının katkısı olmuştur (2, 4).

Elektrik enerjisi birçok alanda kullanılmaktadır. Önceleri aydınlatma için kullanılan bu enerji elektrik makinelerinin bulunması ile geniş bir kullanım alanına yayılmıştır. Bugün aydınlatmada, ısıtmada, havalandırmada, soğutmada, ulaşımda, elektrokimyada, haberleşmede, ev aygıtlarının ve çeşitli iş makinelerinin çalıştırılmasında elektrik enerjisinden faydalanılmaktadır (5, 6).

Bu kadar yaygın kullanım alanı bulan elektrik enerjisinin üretildiği santraller çoğu zaman tüketim bölgelerinden uzakta kurulur. Bu bakımdan elektrik enerjisinin üretildiği yerlerden tüketim noktalarına taşınması gerekmektedir. Doğu Avrupa ve Amerika'da XIX. asrın sonlarında elektrik enerjisinin taşınmasına başlanmış ancak gerilimin yüksek olmaması nedeni ile iletim kısa mesafelere yapılabilmektedir. Elektrik enerjisinin taşınmasına ihtiyaç duyulduğu bu yıllarda elektrik enerjisi doğru akım olarak üretilmekteydi. Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı jeneratörlerden elde edilen alçak gerilimle yapılmıyordu, bu bakımdan üretim merkezlerinin tüketim noktalarına yakın olması gerekiyordu. Alçak gerilimde voltaj gerilim dönüşümü ve güç kaybı enerjinin uzaklara iletimini ekonomik olmaktan çıkarıyordu. Daha sonra alternatif akım tekniği gelişti ve daha büyük gerilimler elde edilmeye başlandı (5, 6).

Elektrik enerjisinin iletiminde ve dağıtımında en önemli gelişme transformatörün bulunması olmuştur. Transformatör sayesinde elektrik enerjisi iletimi ve dağıtımı kolaylaşmış ve de daha kullanılır hale gelmiştir. Transformatör kullanılarak ilk enerji taşınması XIX. asrın sonlarında Amerika'da yapılmış ve üretilen enerji 500 volt gerilimle 1600 metreye taşınmıştır (5-7).

2.2. Elektriğin Fizyolojisi ve Genel Prensipleri

Elektrik akımı, bir noktadan diğerine elektrik yükünün hareketi olup bu akım amper (1 coloumb/saniye) olarak ifade edilir. Akım iki nokta arasında potansiyel farkı olduğunda hareket eder ki bu potansiyel farkı volt (V) olarak ölçülür. Araya giren maddeler elektrik akımının hareketine bir direnç oluşturur ve bu direnç ohm olarak ölçülür. Ohm kanunu basit maddeler için potansiyel farkı (V), akım (I) ve direnç (R) arasındaki ilişkiyi açıklar: $V=I \times R$ (8).

Elektrik akımını düşük direnç ile kolayca ileten maddelere *iletken* adı verilir. Bakır, alüminyum gibi metaller ve tuzlu su gibi çözeltiler iletkenlerdir. Elektrik akımının hareketine izin vermeyen maddeler ise *yalıtkan* olarak adlandırılır. Çoğu biyolojik doku elektriği bir miktar iletir ve düşük, orta ve yüksek dirence sahip olarak adlandırılırlar. Kemik, yağ ve tendon yüksek dirençli dokular; kuru cilt orta derecede dirençli; kas, kan damarları ve sinir dokusu düşük dirençli dokular olarak tanımlanabilir. Kemik elektrik akımına en yüksek direnci gösteren biyolojik dokudur (8).

Cilt direnci şartlara göre oldukça değişkenlik göstermektedir (Tablo 2.1). Nemli cilt direnci azaltır ve Ohm yasasına göre normalde fazla bir hasara neden olmayacak voltaj ölümcül olabilir. Akım bir dirençten geçerken enerji o maddede ısı şeklinde depolanır. Bu enerjinin miktarı Joule kanununa göre hesaplanabilir: Enerji = $I^2 \times R \times \text{zaman}$ (1, 7, 8).

Tablo 2.1. Cilt Direnci

• Nasırlı Cilt	1.000.000 ohm
• Normal Kuru Cilt	40.000 ohm
• Nemli Cilt	300 ohm
• Islak Cilt (Havuz veya küvet içinde)	150 ohm

Elektrik enerjisinin çok fazla kullanım alanı bulmasına neden olan faktörlerden birisi uzak mesafelere çok büyük güçlerin kolayca iletilebilmesidir. Bunun için dünyanın her yerinde üretilen enerji transformatörler yardımı ile uzak mesafelere iletilebilmektedir. Bu şekilde evlere, işyerlerine, endüstriyel bölgelere elektrik enerjisi taşınır. Amerika ve Kanada'da çoğu ev ve işyerinde 120/240 voltluk

elektrik kullanılır. Avrupa, Avustralya ve Asya gibi çoğu ülkede evlerde genellikle 220 voltun üstünde elektrik enerjisi kullanılır (4, 9, 10).

Elektrik akımının temas ettiği giriş ve çıkış noktalarında temas yanıkları ortaya çıkar. Düşük voltajlı elektrik çarpmalarında kişi kendini kaynaktan uzaklaştırabilir. Yüksek voltajlı elektrik çarpmalarında kaynaktan insana geçen bir elektrik arkı oluşur. Bu ark kişinin vücudunun içinde veya üstünde form oluşturur. Birbiri ile temas etmeyen farklı elektriksel potansiyelli cisimler arasında hava yolu ile yüksek voltajlı bir kıvılcım *elektrik arkı* olarak adlandırılır. Genellikle tipik bir ark yanığı bir elektrik kaynağından hava üzerinden hastaya geçmesinden kaynaklanır. Arklar her 100,000 V'luk potansiyel farkı için yaklaşık 25 cm'lik bir mesafeyi havadan kat edebilir. Bir arkın ısısı 500° ile 2500° C arasında değişir. Ark elbiseyi tutuşturabilir ve termal yanıklara neden olabilir. Böyle yüksek voltajlar düşmelere ve tetanik kas-iskelet yaralanmalarına neden olabilir (7).

Yıldırım bir direkt akım formudur. Gökyüzü ile toprak arasındaki elektrik farklılığının yalıtılması sırasında oluşur. Voltaj 1.000.000 volt, üretilen akım 200.000 amperdir, 2 μ sn'de pik yapar ve 1–2 ms'n'de sonlanır. Elektrik enerjisinin dönüşümü sırasında açığa çıkan sıcaklık değeri yaklaşık olarak 50.000 ° F'tır. Ölüm, kalp durması ya da direkt santral sinir sistemi yaralanması sonucu gelişen solunum durması ile meydana gelir (1).

2.3. Epidemiyoloji

Elektrik yaralanmaları, çok sayıda teknik güvenlik önlemlerinin gelişmesine rağmen halen çok ciddi ölüm ve morbidite sebebidir. Bu yaralanmaların büyük çoğunluğunu ev ve işyerlerinde meydana gelen kazalar oluşturur (1).

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) yılda 500' den fazla ölüm elektrik çarpmalarına bağlı görülmektedir. Bunların çoğu genellikle elektrikle ilgili ürünlerin hatalı kullanımı veya yanlış üretiminden kaynaklanmaktadır (7).

Elektrik yaralanmaları yüksek ölüm hızının yanında aynı zamanda da önemli morbidite nedenidir. Acile gelen tüm yanıkların % 2-3'ünü elektrik yanıkları oluşturmaktadır. Yetişkinler daha çok iş yerlerindeki elektrikle karşılaşılır. ABD'de

1992–1998 yılları arasında 2287 işçinin elektrik çarpmasına bağlı olarak öldüğü, 32807 işçinin ise elektrik akımı ile yaralanarak işinden uzun süre ayrı kaldığı tespit edilmiştir (11, 12).

Çocuklardaki elektrik çarpmalarının büyük bir kısmı ise evde oluşmaktadır. Bunlar genellikle elektrik ve uzatma kablolarından kaynaklanır. Duvar prizleri yaklaşık % 10-15’lik bir kısmını oluşturur. Kanada’da 1991- 1996 yılları arasında elektrik çarpmasına 606 çocuk olgunun maruz kaldığı saptanmıştır (7, 10, 13).

2.4. Elektrik Yaralanmalarının Şiddeti İle İlişkili Faktörler

Elektrik akımının vücudu etkilemesi için, akımın vücudun içinden geçmesi gerekir. Elektrik yaralanması ile oluşan doku hasarının şiddeti; akımın cinsine, şiddetine, voltajına, süresine, yönüne ve dokunun direncine bağlıdır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Elektrik yaralanmalarının şiddeti ile ilişkili faktörler

- Akımın cinsi (AC veya DC)
- Akımın şiddeti
- Akımın voltajı (potansiyeli)
- Doku direnci
- Temas süresi (anlık veya uzamış)
- Temas alanı (lokal veya yaygın)
- Akımın izlediği yol (yatay veya dikey)
- Çoklu organ etkilenimi (kardiyak ve nörolojik)
- Çevresel şartlar (su içinde bulunma)

2.4.1. Akımın Cinsi

İletkenden (ya da alıcıdan) birim zamanda geçen elektrik yükü (elektron) miktarına akım denir. Bir iletkenin belirli bir zaman içinde ne kadar çok elektron geçerse, akım da o kadar şiddetli olur. Akım şiddetini elektronların sayısı ile göstermek için çok büyük rakamları kullanmak gerekir. Büyük rakamları kullanmamak için Fransız bilgin Amper’in elektrik akımının kimyasal etkisine dayanarak yaptığı tanımlama kullanılır. Bu yaklaşıma göre: 1 amper, gümüş nitrat

eriyiğinden 1 saniyede 1,118 miligram gümüş ayıran akım şiddetidir. Akım, amperle ölçülür ve “I” ile gösterilir. Akımın birimi amperdir (6).

2.4.1.a. Doğru Akım (DC)

Doğru akım (DC) zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmeyen akımdır. Piller, akümülatörler ve dinamolar doğru akım kaynaklarıdır. Doğru akımın frekansı yoktur. Başka bir deyişle, doğru akım sürekli olarak aynı değerde ve aynı yönde akar. Genelde elektronik devrelerde ve kalp pili gibi tıbbi aletlerde kullanılırlar (5).

Doğru Akımın kullanıldığı alanlara ilişkin örnekler;

- Haberleşme cihazlarında
- Radyo, teyp, televizyon gibi elektronik cihazlarda
- Maden arıtma ve maden kaplamacılığında
- Elektrikli taşıt araçlarında
- Tıbbi aygıtlarda kullanılırlar (5).

2.4.1.b. Alternatif Akım (AC)

Alternatif akım (AC) zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akımdır. Yön değiştirme özelliği nedeni ile voltajı transformatörlerde yükseltip düşürülebilir. Böylece yüksek voltajlı alternatif akımlar uzak mesafelere nakledilebilir. Ev ve iş yerlerinde kullanılan elektrik alternatif akımdır. Etkin gerilim değerleri 220 ve 380 voltur. Günümüzde de elektrik enerjisinin % 90’a yakın bölümü alternatif akım olarak üretilmektedir. Çünkü AC’nin taşınması, yükseltilmesi ve düşürülmesi kolaydır (5, 7).

Alternatif akım, doğru akımdan daha tehlikelidir. Ölümcül seyreden alternatif akım 50–80 mA/sn’dir. Aynı sürede 250 mA doğru akıma maruz kalan kişiler ise yaşarlar. Alternatif akım, tetanik kas kasılmalarına yol açar ve kişinin elektrik ileticisinden kurtulmasını engeller. Bu durum “*tutma fenomeni*” olarak tanımlanır. Alternatif akımın frekansı genellikle 50 hertzdir. Bu frekans değerindeki 10–40 mA arasındaki akım, iskelet kasında tetanik kasılmalar oluşturur. Temas noktası el ise, “*tutma fenomeni*” başlar ve elektrik akımının vücuttan geçiş süresi uzar (1, 7).

Alternatif akım, doğru akımdan çok daha fazla kalp ritim bozukluklarına neden olur. Alternatif akımın 100 mA’lık şiddeti vücuttan 1/5 saniye geçmesi bile ventriküler fibrilasyon ve kalp durmasına yol açabilir. Ventriküler fibrilasyona yol açan en tehlikeli akım 40–150 Hz frekanslı alternatif akımdır, 150 Hz frekansın üzerindeki değerlerde fibrilasyon oluşma olasılığı azalır (6, 7).

2.4.2. Akımın Şiddeti

Doku hasarının derecesi, akım şiddeti ile doğru orantılıdır. Ohm kanununa göre akım şiddeti, uygulanan voltaj ve dokunun direncine bağlıdır. Voltaj genellikle sabit kaldığından vücuda giren akım miktarını belirlemede ana faktör dirençtir (5).

Evlerde kullanılan voltajdaki (120 V) elektrik akımının farklı şiddetlerdeki patolojik etkileri tanımlanmıştır. Buna göre; 1 mA hissedilmeyebilecek akım şiddeti, 16 mA herhangi bir belirti oluşmadan tolere edilebilecek maksimum akım şiddeti, 16–20 mA iskelet kasında tetani oluşturan akım şiddeti, 20–50 mA solunum kası durmasına yol açan akım şiddeti, 50–100 mA ventriküler fibrilasyon yapan akım şiddeti, 2 A ve üzeri kalp durmasına neden olabilen akım şiddetidir. Ancak çoğu insan tarafından 30 mA’lık akım tolere edilebilir ve ağırlı kas kasılmaları ile sonuçlanır. Bilinç kaybının meydana gelebilmesi için akım şiddetinin 40 mA düzeylerinde olması gerekir (1). (Tablo 2.3)

Tablo 2.3. Farklı şiddetlerdeki elektrik akımının patolojik etkileri

Elektrik Akımı	Vücuttaki Etkileri
1 mA	Hissedilmeyebilecek akım şiddeti
16 mA	Herhangi bir belirti oluşmadan tolere edilebilecek maksimum akım şiddeti
7-9 mA	Erkekler için maksimum değer
6-8 mA	Kadınlar için maksimum değer
3-5 mA	Çocuklar için maksimum değer
16-20 mA	İskelet kasında tetani oluşturan akım şiddeti
20-50 mA	Solunum kası durmasına yol açan akım şiddeti
50-100 mA	Ventriküler fibrilasyon yapan akım şiddeti
>2 A	Kalp durması yapan akım şiddeti

2.4.3. Akımın Voltajı

Doku hasarının esas sorumlusu akım şiddeti olsa da elektriğe maruz kalındığında hasarı belirleyen bilinenin aksine akım değil voltajdır (11).

Elektrik akımının yaralanmaya ve ölüme yol açması için deri yüzeyine belirli bir voltajın uygulanması gerekir. Elektrik sistemli aygıtlarda voltaj 220 V, 110 V, 24 V ya da 12 V arasındadır. Çoğu ölüm 240 V ile meydana gelir. 100 V altındaki değerlerde ölüm daha seyrek. Kanada ve ABD’de evlerde kullanılan voltaj genellikle 120 V’tur. Avrupa, Avustralya, Asya’da genellikle 220 V kullanılır. Şehirlerdeki yüksek voltaj hatları 7600 V, kıtalar arası elektrik hattının voltajı ise 100000 V ve üzerindedir (11-14).

Düşük voltajlı elektrik çarpmalarından en çok etkilenenler çocuklar ve kadınlar olmaktadır. Küçük çocuklar daha çok kabloları ısırma ve prizlere metal cisim sokma nedeniyle yaralanırlar. Yine ev içerisinde başta banyo, mutfak gibi direkt zemin ile temas edilebilen yerlerde elektrikli cihazların kullanılması, yalıtımın yetersiz olması, elektrik kaçağı bulunması, ıslak eller ile elektrikli cihazlara dokunulması, yeterli bilgi ve deneyime sahip olmayan kişilerin enerji kesilmeden elektrikle ilgili tamir işlemlerine girişmeleri gibi durumlarda bu tür elektrik çarpmaları görülmektedir (10, 15).

Yüksek voltajlı elektrik çarpmalarının büyük bölümü iş kazalarıdır ve yaralananların çoğunluğunu da genç erkekler oluşturmaktadır. Çalışılan işle ilgili olarak kullanılan cihazların güç hatlarına teması, koruyucu giysi ve takımları olmadan yüksek gerilim taşıyan hat direklerine çıkılması, özellikle yağışlı havalarda olmak üzere bu hatlara güvenlik mesafesinden daha fazla yaklaşılması gibi nedenlerle oluşmaktadır (16).

Tablo 2.4. Düşük voltajlı ve yüksek voltajlı elektrik akımları ile yıldırımın özellikleri

	YILDIRIM	YÜKSEK VOLTAJ	DÜŞÜK VOLTAJ
Voltaj	>30.000.000	>1.000	<600 (<240)
Akım	>200.000	<1.000	<240
Süre	Ani	Kısa	Uzun
Akım tipi	Direk akım	Direk/Alternatif	Daha çok alternatif

Kalp durma sebebi	Asistoli	VF	VF
Solunum durma nedeni	Direk santral sinir sistemi (SSS) hasarı	Travma-Solunum kaslarının tetanik kasılmaları	Solunum kaslarının tetanik kasılmaları
Kas kasılması	Basit	DC: Basit AC: Tetanik	Tetanik
Yanıklar	Nadir, yüzeysel	Sık, derin	Genellikle yüzeysel
Kas hasarı	Sık değil	Çok sık	Sık
Yaraların nedeni	Şiddetin etkisi, dalganın şoku	Kas kasılmaları ve düşme	Nadir olmakla beraber düşme
Akut ölüm	Çok yüksek	Nadir	Düşük

2.4.4. Akımın Direnci

Elektrik akımına karşı birincil direnci deri oluşturur. Derinin direnci iç organlara göre daha yüksek olup erişkinlerde 40.000–100.000 Ohm arasındadır. Yüksek direncin nedeni keratin içeren epidermis kalınlığıdır. Ayak tabanları ve parmak pulpalarında direnç daha da büyüktür. Dermisin iç kısmında, yarı sıvı özellikte sitoplazma ve damar sistemi nedeniyle direnç düşer ve akımın vücuda geçişi kolaylaşır. Yeni doğanlarda, derinin çok ince olması ve yüksek oranda su içermesinden dolayı deri direnci düşüktür (7, 17).

Deri direncini etkileyen diğer önemli bir faktör derinin nemidir. Kuru avuç derisi 1 Meg Ohm direnç oluştururken, ıslak deride direnç 1200 Ohm'a kadar düşebilir. Terleme ile deri direnci 30.000 Ohm'dan 2500 Ohm'a kadar düşer. Hatta akım geçmeye başladıktan sonra, derideki elektrolitik değişikliklere bağlı olarak 380 Ohm'a kadar bile düşebilir. Yani voltaj sabit kaldığında, eğer deri terli ya da ıslak ise meydana gelen akım daha büyük olacaktır. Bu nedenle banyolarda ve nemli ortamlarda elektrikli aletlerin kullanılması tehlikelidir (2, 10).

Elektrik akımına karşı iç direnci vücudun diğer bütün dokuları oluşturur. Direncin en düşük olduğu dokular sinir, kan, müköz membranlar ve kaslardır. Kan damarları ve sinirler birincil olarak etkilenirler. Direncin en yüksek olduğu dokular ise kemikler, yağ dokusu ve tendonlardır (2).

2.4.5. Akıma Maruz Kalınan Süre

Elektrik akımının temas süresi yaralanmanın tanımlanmasında önemlidir. Elektrik akımı vücuda girdiği zaman en kısa yolu izleyerek topraklanma noktasına geçer. Evlerde kullanılan elektrik saniyeler içinde ventriküler fibrilasyona yol açabilir. Voltaj 110 volt, direnç 1000 ohm olduğunda vücuda 110 mA akım ulaşır ve 5 saniye temas ile VF meydana gelir. Direnç 100 Ohm'a düşerse 0,1 saniyelik temas VF meydana getirmek için yeterli olur. Öte yandan çok düşük voltajlı bir akım vücuttan uzun süre geçerse de ölüme yol açabilir (8).

2.4.6. Akımın Yönü

Elektrik akımı vücuda bir noktadan (en sık olarak elektrik aygıtına dokunan elden) girer ve bir çıkış noktasından vücutu terk eder. Akımın geçişi, çıkış noktasındaki çeşitli potansiyellerin göreceli direncine bağlıdır. Eğer kişi, ıslak bir zeminde dururken parmağını 240 V'luk bir ileticiye değdirirse ölüm ile sonuçlanabilecek bir akım elden ayağa geçer. Kişi, tahta bir zemin üzerindeki halıda duruyorsa, vücudundan çok küçük miktarda akım geçer. Sadece ağrılı kas spazmlarına yol açar (18).

Elektrik akımı vücutta en kısa yolu izleme eğilimindedir. Akımın vücutta izlediği yollar; elden-ele akım yolu, elden-ayağa akım yolu, baş-el akım yolu, baş-ayak akım yoludur. Yaralanmanın şiddeti ve tipi, akımın vücutta etkilediği organlar ile belirlenir. En sık görülen ise akımın kalpten geçişidir. Genellikle el-el ya da el-ayak akım yolunda meydana gelir. Temasın sağ el, topraklanmanın ayaklar olduğu yol en tehlikelidir. Çünkü akım kalbin ekseninden geçerek kalbin iletim sistemini ve kalp kasının kasılma özelliğini bozar, ritim bozukluklarına yol açarak ölüme neden olur. Daha az sıklıkla göğüs ve karından geçiş görülür. Göğüs kaslarında ve diyaframda spazm nedeniyle solunum hareketleri baskılanır ve boğulma tipinde ölüm meydana gelir. Kafa ve boyundan akımın geçişi nadir olarak görülür. Beyin sapına direkt etki ile kalp ve solunum merkezi felcine yol açar (18-20)

2.5. Elektrik Yaralanmalarının Nedenleri

2.5.1. Kaza

Elektrik yaralanmalarının başlıca nedeni kazalardır. Banyo, elektrik çarpması açısından en tehlikeli yerdir. Burada nemli atmosfer, su, musluk ve borular yoluyla iyi bir topraklanmanın olması, ıslak ve çıplak vücutta direnç düşmesi tehlikeyi artırır. Çoğu Avrupa ülkesinde banyodaki elektrik sistemleri ile ilgili düzenlemeler bulunmaktadır (17).

2.5.2. İntihar

İntiharlar nadirdir. Genellikle banyoda elektrikle intihar olayları görülmektedir. Elektrikli bir cihazın su içine çekilmesi, vücuda elektrik tellerinin temas ettirilmesi, metal kaşıklar ile bağlantılar yapılması gibi yöntemler kullanılmaktadır (16, 21).

2.5.3. Cinayet

Elektrikle cinayet olguları nadir görülür. En sık kişi banyo yaparken küvete elektrik akımı verilmesi ile gerçekleştirilir. Vücutta genellikle elektrik yanığı bulunmaz. Dikkatli adli inceleme yapılması gerekir (17).

2.5.4. İşkence

İşkencede 110 veya 220 voltluk elektrik akımı kullanılır. Özellikle erkeklerde penis ve skrotuma, kadınlarda meme başlarına uygulanır. Bir başka yöntem de çok düşük akım şiddetine sahip yüksek voltaj gönderen manyeto kullanılmasıdır. Çok ağrılıdır fakat ölüme yol açmaz (22).

2.5.5. Tıbbi

Kalbe yerleştirilmiş kalp pili elektrotlarında, kateterlerdeki elektrotlarda kısa devre olması gibi tıbbi işlemler sırasında görülen yaralanmalardır (14).

2.6. Elektrik Çarpmalarında Ölüm Mekanizması

Canlı dokunun elektrik ile teması yaralanmaya yol açmayan, sadece rahatsızlık veren geçici bir his duyusundan kalp-solunum durmasına kadar değişebilen etkilenme durumlarıyla karşımıza çıkar. Ölüm genellikle ventriküler fibrilasyon sonucu meydana gelir. Bu duruma özellikle akımın, epikardın yüzeysel tabakasından ve endokardiyumdan geçişi neden olur. Kalp ve solunum durmasına bağlı ölümler en sık ölüm nedenleridir. Elektrik dışındaki kazalar da ölüme neden olabilmektedir. Bunlar yüksekten düşmeye bağlı yaralanmalar, yanığa bağlı enfeksiyon ve kanamalar, akut tübüler nekroz gibi ikincil komplikasyonlardır (17, 22, 23).

Bazı elektrik çarpması olgularında ölüm mekanizması bilinmemektedir. Kişinin bilinci birkaç dakika açık olabilir ve olayı atlatmış görünebilir. Böyle meydana gelen ani ölümlere kalp ve sinir dokusunda hücre düzeyindeki hasarın neden olduğu düşünülmektedir (10).

2.7. Elektrik Akımının Vücuttaki Etkileri

Elektrik yaralanmaları hem direk hem de indirek olmayan mekanizmalarla meydana gelir. Direk etkisi elektrik akımının kendisinin o dokuda meydana getirdiği hasar (örneğin kalpteki) veya elektrik enerjisinin termal enerjiye dönüşerek dokularda yaptığı yanıklardır. Direk olmayan etkisi ise birincil olarak ciddi kas kısılmalarının neden olduğu yaralardır (24).

2.7.1. Kalp-Damar Sistemi:

Elektrik akımı kalbi iki yolla etkiler:

- 1- Kalp kasına direkt nekroz etkisi
- 2- Ritim bozuklukları (1).

Elektrik çarpmasından kaynaklanan ölümlerin birincil nedeni kalp durmasıdır. Ölümcül ritmin tipi elektrik akımının tipi (AC veya DC) ve gücüne göre değişir. Düşük voltajlı alternatif akım genellikle ventriküler fibrilasyona (VF) neden olur. Yüksek voltajlı alternatif akım ise daha büyük akım şiddetine yol açar ve kalp

durma ihtimali daha yüksektir. Elektrik çarpmasına bağlı ani kalp durması gelişen kazazedelerde en sık görülen ritim VF'dir. Elektrik kardiyak ritim bozukluklarına yol açsa da eğer voltaj 120'nin altında ve su teması yoksa bu ihtimal genellikle düşüktür. Yüksek voltajlı yaralanmaların % 20-30'unda ritim bozuklukları görülebilir. En yaygın ritim bozuklukları; sinüs taşikardisi, erken atrial atımlar, erken ventriküler atımlar, supraventriküler taşikardi, atrial fibrilasyon, birinci ve ikinci dereceden atriyo-ventriküler (AV) bloklardır (1, 7).

Kalp kası hasarının derecesi akımın tipi ve voltajına bağlıdır. Yaralanma fokal veya yaygın olabilir. Genellikle de yaygın olur. Yüksek voltajlı akımda voltaj aynı olsa bile alternatif akımda hasar daha şiddetlidir. Koroner arterlerde spazm, yaygın endoarterit meydana gelir. Kalp kasının beslenme bozuklukları görülür. Bu değişiklikler özgün değildir. Yüksek voltajlı hem alternatif akım hem de direkt akım ventriküler kasılmasının durmasının nedenidir. Bunlar kendiliğinden sinüs ritmine dönebilir (25, 26).

Ritim bozuklukları nispeten daha düşük akımlarla meydana gelir. Eğer bir akım 50-100 mA'den daha fazla ise ve elden-ele, elden-ayağa aktarılırsa bu VF' ye neden olabilir. Yüksek elektrik akımları alternatif akım veya direk akım olsun daha çok ventriküler kasın durmasına neden olur. Yıldırım çarpması ise direk kalp durmasına neden olur. İlginç olan ise kalbin doğal otomatizması ile bunun tekrar sinüs ritmine geri dönmesidir (26).

Elektrik çarpmalarına bağlı geçici kardiyak ritim bozuklukları da gösterilmiştir. Bunların patogenezi tam olarak aydınlatılamamıştır. Çok faktörlü olabileceği düşünülmektedir. Ortaya atılan hipotezlerden biri kalp kası nekrozunun aritmojenik bir odak oluşturduğu, Na-K ATP az düzeyini değiştirdiği, bunun da kas hücresinin membran geçirgenliğini değiştirdiği varsayılmaktadır. Elektrik çarpması ile solunum durmasının kalp yaralanmasından önce olduğu durumlarda anoksi ile yine kalp yaralanması ve ritim bozuklukları oluşabilir. Hastalar sonradan gelişen ritim bozukluklarıyla da başvurabilirler. Bu geç oluşan ritim bozukluğu myokardial nekroza ikincil gelişen aritmojenik odaklardan veya özellikle de (sinoatriyal) SA nod yaralanmasından kaynaklanır (26-28).

Kan damarları yüksek sıvı içeriği nedeniyle iyi iletkenlerdir. Damarlardaki elektrik hasarı direkt ya da indirek olmayan etkiyle oluşur. Damar duvar kalınlığına göre elektrik çarpmalarının etkileri değişir. Büyük arterlerde akut etki görülmez. Akımın direkt etkisiyle en fazla media tabakasında hasar oluşur. Bu da medial nekroza ve anevrizma yırtıklarına yol açabilir. Küçük arterlerde özellikle kıvılcım ve alev yanıklarında olmak üzere ısı etkisi ile tromboz oluşur bu da koagülasyon nekrozuna yol açar. Bunlar akut etkilerdir. Extremitte arterlerinde meydana gelirse mikro dolaşımı bozarak kompartman sendromuna neden olur. İskelet kasında mikrodolaşımın değişiklikleriyle venöz ve arteriyel spazm, kapiller yatakta kan akımında durma gelişir. Otuz dakika içinde şiddetli damar kasılması geliştiği ve venöz endotelyumda nötrofil sayısında artış olduğu görülmüştür (1, 25).

2.7.2. Cilt:

Solunum-kalp durmasından sonra en ciddi yaralanmalar cilt yaralanmaları ve cilt yanıklarıdır. Cilt yanıkları klasik olarak elektrik akımının giriş veya çıkış deliğinde oluşur. En sık görülen de genellikle ilk temas bölgesindeki (çoğunlukla eller) yanıklardır. Yerden kaynaklanan ilk temas yeri de ayak tabanlarıdır. Şiddetli elektrik yaralanmalarında yanıklar ağrısız, sarı-gri renkli, ortasında ölü hücrelerden oluşmuş bir alan olarak görünebilir. Banyoda su ile deri direncinin düşmesi ve akımın geniş bir yüzeyden vücuda girmesi nedeniyle elektrik yanığının oluşmayabileceği göz önünde tutulmalıdır (17).

Deride elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönmesinden dolayı düşük voltajlı elektrik yaralanmaları çeşitli cilt yaralanmalarına neden olabilir. Yaralanmalar lokal bir cilt kızarıklığından tüm kat yanıklara kadar olabilen derecelerdir. Yaralanmanın ciddiyeti akımın şiddetine, yerine ve süresine bağlıdır. Birinci derece elektrik yanıkları 20 mA/mm²'lik bir akımın en az 20 saniye sürmesinden kaynaklanır. İkinci ve üçüncü derece elektrik yanıklarının olabilmesi için en az 75 mA/mm² akım gereklidir. Ki bu akım VF' ye neden olabilen akım şiddetidir. Bir insanda ciddi bir yanık olmadan da ölüm gerçekleşebilir. Eğer deri nemliyse deride önemli bir yanık olmadan da iç organlarda hasar oluşturabilir. Özellikle cilt kalınlığının az olduğu yerlerde ısı derin kaslarda ve diğer dokularda masif koagülasyon nekrozuna yol açabilir (24, 29).

Elektriğin ciltte oluşturduğu lezyonlara *elektrik yanıkları* veya *akım izi* denir. Akım izinin bulunabilmesi için dikkatli bir dış muayene yapılmalıdır. Genital organlar ve ağız içi de muayene edilmelidir. Özellikle çocuklarda, elektrik fişlerini ağızlarına almaları nedeniyle, dil ve yanak mukozasında elektrik yanıkları oluşabilir. Bunu bilerek dikkatli cilt muayenesi yapılmalıdır (29).

Vücuttan akım geçtiği zaman görülebilir bir lezyonun oluşması akımın şiddetine ve dermisin iletme yeteneğine bağlıdır. Elektrik akımı, deriden geçerken bir dirençle karşılaşır ısı üretir. Bu sırada deride yanık yarası meydana gelir (29).

Tablo 2.5. Elektrik yaralanmalarının mekanizmaları

■	Temas yanıkları (giriş ve çıkış)
■	Termal ısınma
■	Flaş yanıkları
■	Ark yanıkları
■	Ateşleme ve alev yanıkları
■	Künt travma
■	Uzamış kas tetanisi

Elektrik akımına bağlı cilt yanıkları üç grupta toplanmıştır:

- a) *Temas Yanığı:* Derinin elektrik ileticisi ile sıkı teması sonucu meydana gelir. Akıma karşı yüksek deri direnci etkisiyle doku sıvısı ısınarak buharlaşır. Bu da epidermal-dermal bileşkenin ayrılmasına ve kabarcık oluşumuna neden olur. Akımın geçişi devam ederse ya da geniş alandan geçerse kabarcık yırtılır. Akım geçişi durursa kabarcık soğur ve büzüşür. Ortası çukur, kenarları kalkık, gri-beyaz renktedir (7).
- b) *Kıvılcım Yanığı:* Deri ile elektrik ileticisi arasında bir hava boşluğu olursa akım kıvılcım şeklinde boşluğu geçer. Kuru havada 1000 voltluk elektrik akımı birkaç milimetre mesafeye, 100 kilovoltluk akım 35 cm kadar mesafeye sıçrar. Yüksek sıcaklık (4000 °C gibi) meydana gelir. Bu da derinin dış tabakasındaki keratinin erimesine neden olur. Elin hareket ettirilmesi ya

da ileticinin şeklinin düzensiz olması nedeniyle temas ve kıvılcım yanıkları birçok olguda birlikte bulunur. Akıma maruz kalma süresi uzunsa veya voltaj yüksekse veya iletici büyükse açılan derin dokularda yanık meydana gelebilir (7).

- c) *Alev Yanığı*: Yüksek voltaja bağlıdır. Genellikle elektrik şebekesinde çalışan işçilerde görülür. Direkt temasın olması şart değildir. Deride geniş alanlarda birbiri ile birleşmiş kıvılcım yanıkları oluşur. Timsah derisi görünümü meydana gelir. Dokularda karbonizasyon derecesinde yanıklar görülebilir (7) (Tablo 2.5).

2.7.3. Sinir Sistemi:

Sinirler de kan damarları gibi akım için en düşük direnç yolunu oluştururlar. Bu nedenle elektrik çarpmalarından birincil etkilenen sistemlerdendir. Özgün histolojik ya da klinik bulgusu yoktur. Sinir sistemi hasarı, elektrik akımının direkt etkisi ile olabileceği gibi travma ya da kalp-solunum sistemin fonksiyon bozukluğuna da bağlı olabilir (18).

Akut direkt etki elektrik akımının beyinden geçişi ile oluşur. En ciddi sonucu solunum merkezi yaralanması ile oluşan solunum durmasıdır. Akut santral sinir sistemi tutulumları ve nöbetler görülebilir. Akımın elden-ele geçiş yolunu izlediği durumlarda da C4-C8 servikal vertebra seviyesinde omurilikte direkt yaralanma meydana gelir (30).

Kalp-solunum durmasında ikincil iskemik ve anoksik beyin yaralanması ile düşmeye ikincil travmatik beyin ve omurilik yaralanması direk olmayan sinir sistemi yaralanması nedenleridir (31).

Periferik sinir yaralanması lokal yanıklar, damar yaralanması ya da ödeme ikincil olarak meydana gelebilir. Genel olarak üst motor nöron yaralanması görülebilir (32).

Klinik olarak, birkaç saniye ile birkaç saat sürebilen bilinç kaybı sıktır. Koma ve ölüm gelişebilir. Eğer kişi yaşarsa baş ağrısı, huzursuzluk, solunum ritminde

bozukluk, bulantı, kusma, nöbetler gibi belirtiler gelişebilir. Kısmi ya da tam bellek kaybı, kulak çınlaması, sağırılık oluşabilir. Medulla spinalis damarlarında damar iltihabı ve fokal demyelinizasyon gelişen olgularda amiotrofik lateral skleroz veya transvers myelitten ayrımı güç olan klinik tablo oluşur. Geç myelopati görülür. Elektrik çarpması sırasında meydana gelen düşmeler nedeniyle epidural, subdural, subaraknoidal, serebrum içi ve ventrikül içi kanamalar oluşabilir. Geç komplikasyonlar arasında psikiyatrik bozukluklar da önemli yer tutar (19, 30).

2.7.4. Solunum Sistemi:

Elektrik akımının solunum merkezine direkt etkisiyle ya da akım göğüsten geçtiği zaman, solunum kaslarının tetanik kasılmalarına ikincil solunum durması meydana gelir. Akciğerlerde ödem ve peteşiyal kanamalar gibi özgün olmayan bulgular görülür. Özellikle endüstriyel kazalarda solunum yollarında termal yanıklar oluşur. Akım, göğüs duvarından geçerse plevral efüzyon, hemotoraks ve pnömoni oluşabilir. Yine yüksek voltajlı elektrik yaralanmalarında düşmeye bağlı gelişen künt göğüs travmalarında solunum fonksiyon bozukluğu olmaktadır (1, 24).

Solunum sistemine ait genellikle özgün olmayan bulgular görülür. Damarlarda meydana gelen trombüsler nedeniyle pulmoner emboli ve buna bağlı olarak akciğer yaralanmaları meydana gelebilir. Ayrıca trombositlerden salınan serotonin ve böbrek üstü bezlerden salgılanan katekolaminler akciğer damarlarında daralmaya neden olur. Kor pulmonale meydana gelebilir. Solunum durmasının yanında santral sinir sistemi (SSS) ve kardiyovasküler sistem (KVS)' in fonksiyon bozukluğu, elektrolit bozukluklarına ve ağrıya bağlı solunum sayısında artma veya azalma görülebilir. Genellikle solunum sistemine ait komplikasyonlar yaralanmaya bağlı görülse de hastalarda iskemiye ve aşırı sıvı tedavisine ikincil akut solunum yetmezliği, solunum cihazı ilişkili pnömoni gelişebilir (15).

2.7.5. Kas:

Akım şiddetinin 16-20 mA arasında olması iskelet kasında spazm meydana getirir. Elektrik giriş noktası el üzerinde ise ileticinin bırakılmasına engel olur. Kas hasarları ve nekroz genellikle damar tıkanmasına bağlıdır. Spastik kas kasılmaları ve

ısının birlikte etkisi ile hasar oluşur. Kompartman sendromu, ağrılar, nekroz gelişebilir. Nekrotik kas dokusunda sepsise yol açan ikincil enfeksiyon oluşabilir. Kaslarda yaygın hücre hasarı myoglobiniyuriye neden olur. Ayrıca serum kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) düzeylerinin yüksek olduğu olgularda ciddi komplikasyonlar geliştiği görülmüştür (33-35).

2.7.6. Kemik ve Eklemler:

Kaslardaki şiddetli kasılmalara bağlı kemik kırıkları ve eklemlerde çıkıklar oluşabilir. Isı etkisi ile eklem yırtıkları gelişebilir. Sinir ve damar hasarına bağlı dokularda beslenme bozuklukları görülebilir. Osteomyelit gelişebilir (36-37).

2.7.7. Karın İçi Organlar:

Karın organlarından en sık kalın bağırsak etkilenir ve delinme gelişebilir. İnce bağırsakta, yemek borusunda ve pankreasta kanama ve nekroz meydana gelebilir. Böbreklerin direkt elektrik akımına bağlı yaralanması az görülür. Daha çok iskemik dönemde zarar görür. Kas nekrozu ve damarsal yaralanma böbrekte tübüler hasara ve myoglobulin / kreatinin fosfokinaz artışı ise böbrek yetmezliğine yol açar (35).

2.7.8. Ağız:

Elektrik akımı ile temas noktası bazen ağız olabilmektedir. Genellikle düşük voltajlı elektrik akımı ile meydana gelir. Ağız mukozasının direnci düşüktür. Bölgesel direncin düşük, periferik direncin yüksek olması durumunda ağız yanıkları meydana gelir. Hem bölgesel hem periferik direnç düşük ise karıncalanma hissinden ölüme kadar değişen şiddette etkiler görülür. Dudaklar ve dudak kenarları en sık yaralanan yerlerdir. Eğer dil etkilenmişse solunum güçlüğü gelişebilir (38).

2.7.9. Kulak:

Akım yolunun kulaktan geçmesi morfolojik ve fonksiyonel değişikliklere yol açar. Koklear fonksiyon bozukluğu, vestibuler organda, orta kulak ve kulak zarında peteşiyal kanamalar olabilir. İkincil enfeksiyon, mastoidit, sinüs trombozu, menenjit, beyin apsesi gibi komplikasyonlar gelişebilir (39).

2.7.10. Göz:

Elektrik kazaları ile ilgili göz lezyonları akımın elektro termal ve ışık etkisiyle oluşmaktadır. Termal yanıklar göz kapaklarını, kirpikleri, konjuktivayı, korneayı etkileyebilir. Göz içi kanama, tromboz, üveit nadir de olsa gelişebilir. Retina ve makulada ödem, kanama, santral ven trombozları, retina arterlerinde daralma, venlerde dilatasyon, görme alanında daralma, papillit, optik diskte şişme tespit edilmiştir. Elektro travmaya maruz kalan kişilerde katarakt meydana gelebilir (39, 40).

Tablo 2.6. Elektrik yaralanmasının komplikasyonları

TUTULAN SİSTEM	KOMPLİKASYONLAR
<i>Kalp-dolaşım sistemi</i>	Ani ölüm (VF, kalp durması), göğüs ağrısı, ritim bozukluğu, dal blokları, kalp kası hasarı, ventrikül fonksiyon bozukluğu, kalp krizi, hipotansiyon (volüm kaybına bağlı), hipertansiyon
<i>Sinir sistemi</i>	Bilinç bulanıklığı, hafıza kaybı, koma, nöbet, beyin ödemi, konuşma bozukluğu, baş ağrısı, felç, periferik nöropati, uykusuzluk, omurilik hasarı,
<i>Cilt</i>	Elektrotermal temas hasarı, temas dışı yanıklar, ikincil termal yanıklar (elbise yanması gibi)
<i>Solunum sistemi</i>	Solunum durması, aspirasyon pnömonisi, akciğer ödemi, akciğer hasarı
<i>Renal/Metabolik</i>	Hem pigment birikimi hem de volüm kaybına bağlı gelişen akut böbrek yetmezliği (ABY), myoglobiniüri, metabolik asidoz, hipokalemi, hipokalsemi, hiperglisemi
<i>Damar</i>	Tromboz, damar yırtılması, kompartman sendromu
<i>Gastrointestinal sistem</i>	Bağırsak delinmesi, paralitık ileus, ösefagus kanaması, karaciğer nekrozu, pankreas nekrozu, stres ülseri, mide kanaması, bağırsak kanaması
<i>Kas</i>	Kas nekrozu, kompartman sendromu, kas fibrozisi, kas iltihabı
<i>İskelet sistemi</i>	Omurgalarda çökme kırıkları, uzun kemik kırıkları, omuz çıkıkları, skapula kırığı, aseptik nekroz, kemik iltihabı, periostal yanıklar, kemik matriks yıkımı
<i>Enfeksiyöz</i>	Sepsis, lokal yara enfeksiyonu, selülit, pnömoni, kemik iltihabı, pnömoni, klostridial kas nekrozu
<i>Göz</i>	Korneal yanıklar, katarakt, göz içi kanama, tromboz, üveit, retina yırtılması, orbita kırıkları
<i>Kulak</i>	İşitme kaybı, kulak çınlaması, kulak zarı delinmesi
<i>Ağız</i>	Ağız içi yanıklar, yüzde deformite, konuşma gecikmesi, dil gelişiminde bozulma, labial arter kanaması, skarlaşma
<i>Fetal</i>	Fetal ölüm, düşük, oligohidroamniyoz, sarılık, intrauterin gelişme geriliği

2.8. Elektrik Çarpması Olan Hastaya Yaklaşım

Elektrik çarpmaları farklı mekanizmalar ile meydana gelebileceği için, hastadan mutlaka ayrıntılı ve geniş öykü alınmalıdır. Hastadan, ilk müdahaleyi yapan sağlık personelinin, ailesinden veya olayın tanıklarından alınacak öykü aşağıdaki parametrelerin tümünü içermelidir:

1. Kaza zamanı
2. Temas noktası
3. Elektrik kaynağının cinsi
4. Gerilim miktarı
5. Nemli ortam varlığı
6. Temas süresi
7. Bilinç kaybı varlığı
8. Yüksekten düşme öyküsü
9. Kaza sonrası acil ve canlandırma amaçlı girişimler (41, 42).

Ayrıntılı fizik muayene yapılarak, kalp ve solunum durması, ayrıca düşmeye bağlı karın travması, kafa içi kanama, ekstremiteler ve omurganın çökme kırıkları dışlanmalıdır. Koroner arter hastalığı, diyabet ve nörolojik hastalık gibi altta yatan hastalıklar belirlenmelidir (42).

Fizik muayene ile doku hasarı değerlendirilmeli ve ilişkili komplikasyonlar belirlenmelidir. Havayolu, solunum ve kardiyovasküler durum öncelikle stabilize edilmelidir. Varsa hasarlı ekstremitenin dikkatli bir damar muayenesi ve birlikte periferik sinir muayenesi de yapılmalıdır. Tüm hastaların elektrokardiyografileri (EKG) çekilmeli ve bazı hastalar (yüksek voltaja maruz kalan veya kalp-damar sistemi ve nörolojik hasara ait belirti ve bulguları olan) bir süre monitorize edilmelidir (1, 2, 3)

Yüksek voltaj yaralanması olan, yaygın cilt yanıkları olan veya sistemik hasar bulguları olan hastalarda tam kan sayımı, elektrolit, kalsiyum, kan üre azotu,

kreatinin, kreatinin kinaz, serum myoglobin analizleri yapılmalıdır. İdrar analizi ve idrarda myoglobin belirlenmesi yapılmalıdır. Karın içi hasarı olan hastalarda karaciğer fonksiyon testleri ve amilaz seviyesi belirlenmelidir (1, 7, 8).

Şuur durumunda değişiklik olan, nörolojik kaybı olan, boyun ağrısı veya hassasiyeti olanlarda boyun filmi mutlaka çekilmelidir. Şuur durumunda değişiklik olanlarda beyin tomografisi (BT) çekilmelidir.

2.9. Tedavi

Elektrik yaralanmalarına müdahalede ilk kural çevre güvenliğinin sağlanmasıdır. Bundan sonra yapılacak iş elektrik kaynağının yetkili kişilerce kapatıldığından emin olmaktır. Kauçuk yüzeyler ve ipler gibi yalıtkan cisimler hasarlı veya ıslanmış olabileceklerinden ve yüksek voltaj elektriği iletebileceklerinden dolayı hastayı elektrik kaynağından uzaklaştırmak için kullanılmamalıdır (1, 3, 10).

Elektrik ile yaralanmış bir hastanın ilk stabilizasyonunda havayolu, solunum ve dolaşım üzerine yoğunlaşmalıdır. Omurilik veya göğsü etkileyen akım ile solunum durması olanlar derhal entübe edilerek solunum desteği sağlanmalıdır. Boyun yaralanma şüphesi varsa spinal immobilizasyon sağlanmalıdır. Yüz maskesi yardımı ile yüksek akımlı oksijen verilmeli ve sürekli pulse oksimetre ile oksijenizasyon takip edilmelidir. Kardiyak ritim bozukluğu olanlar tedavi edilmeli ve gerekiyorsa elektro şok uygulanmalıdır (1).

Düşük voltajlı elektrik yaralanması veya yıldırımla yaralanma sonrasında hastada kalp durması gelişmemişse, bilinç kaybı ve yanık olmamışsa, hastanın nörolojik muayenesi ve EKG'si tamamen normalse bu hastalar güvenle evine gönderilebilirler. Eğer hastada kalp-solunum durması geliştirse, SSS veya spinal kanal ile ilgili normal olmayan nörolojik muayene bulguları varsa, ciddi yanığı varsa, yaygın organ veya damar yaralanması varsa hastanın yoğun bakım ünitesi olan veya yanık ünitesi olan herhangi bir yere sevki gereklidir (39, 43, 44).

Elektrik çarpmalarından sonra her ne kadar geç kardiyak problemler tanımlanmış olsa da çoğu çalışma göstermiştir ki ciddi kardiyak problemler akut

evrede ortaya çıkar. Yaşamı tehdit eden ciddi ritim bozukluklarının saatler veya günler sonrasında gelişmesi pek beklenmez. Bu yüzden eğer hasta geldiğinde herhangi bir belirti ve bulgusu yoksa, EKG'si de normalse bu hastalarda kardiyak monitorizasyona gerek yoktur (39, 44).

Elektrik çarpması öncesinde kardiyak rahatsızlığı olan hastalarda kardiyak yaklaşım pek net değildir. Elektrik çarpması sonucu ölen erişkinlerde geriye dönük yapılmış bir çalışmada; hastalarda daha öncesinde kalp hastalığı ile ilişkili risk faktörleri taranmış ve herhangi bir risk faktörü bulunmamıştır. Hastaların genelde akut gelişen ritim bozukluklarından veya elektrik çarpmasına bağlı gelişen diğer komplikasyonlardan öldüğü gösterilmiştir (44). Yine başka bir çalışmada da elektrik çarpması sonrası taburcu edilen hastalar araştırılmış, hastalarda özellikle ritim bozuklukları bakılmış ve kardiyak geç yan etkilerin ortaya çıkmadığı gösterilmiştir. Fakat yine de bu çalışmada daha öncesinde kalp rahatsızlığı olan çocuklarda EKG ve 24 saatlik kardiyak monitorizasyon yapılmasını önerilmektedir (45). Günümüzde elektrik çarpmalarından sonra gelişebilecek kalp hastalığını gösteren çok fazla veri olmamasına rağmen en akılcı yönetimin yaralanmadan sonra 24 saat kardiyak monitorizasyon yapmak olduğu gösterilmiştir. Yüksek voltaja maruz kalan hastalarda, yakınması olan hastalarda, düşük voltaja maruz kalan ancak yüksek riskli olan hastalarda kardiyak monitorizasyon sağlanmalıdır (1).

Çocuklarda ve erişkinlerde yapılan çalışmalara göre kardiyak monitorizasyon yapılacak hastalar şunlardır:

1. Yüksek voltajlı elektriğe maruz kalınması,
2. Bilinç kaybı olması,
3. EKG'de bozukluk olması,
4. Öncesinde kalp hastalığı olması (özellikle ritim bozukluğu) (43).

Ciddi yüksek voltajlı elektrik yaralanmalarında hem geniş yanıklar hem de önemli iç organ yaralanmaları görülür. Bu hastaların erken dönemde görülen en büyük problemlerinden birisi hasarlı deriden vazoaktif maddelerin salınışına bağlı hücreler arası boşluğa geçen ve kaybedilen vücut sıvılarının oluşturduğu dehidratasyon ve şok tablosudur (1). Sıvı tedavisi için iki damar yolu açılmalı, ringer laktat veya serum

fizyolojik kullanılmalıdır. Mmknse akımın geçtiği ekstremitelerden damar yolu aılmamalıdır. Yine ŗiddetli kas kasılmalarından olan tahribata bağlı böbrek yetmezliğine yol açabilecek myoglobinüri olur (18, 24). Bu nedenle normal idrar çıkışını sağlayabilecek iyi bir intravenöz (IV) sıvı tedavisi vermek çok önemlidir. Çoğu hasta için ilk saat içinde 20-40 ml/kg sıvı verilmesi uygundur. Myoglobinüri ile kas hasarı idrar alkalinizasyonu ile tedavi edilmelidir. Her 1 litre IV sıvıya 45-50 mEq NaHCO₃ eklenmeli, kan pH'sı 7.45'in üzerinde olması, 1,5-2 ml/kg/saat idrar çıkışı sağlanmalıdır (1, 18, 24, 46).

İdrar çıkışını sağlamak için IV mannitol verilebilir. İdrarda myoglobin kalmayana dek mannitol verilebilir, ancak hipovolemiye yol amamaya dikkat edilmelidir. Termal yanığı olanlara hipovolemi riski nedeniyle mannitol verilmemelidir (1, 24, 46).

Küçük lokalize yaralara temizliği takiben gümüş sulfadiazin uygulanır. Tetanos profilaksisi uygulanmalıdır. Yaygın kas hasarı olan ve toprakla kontamine yarası olanlarda tetanos aşılaması tam olsa bile tetanos immunglobini verilmesi uygun olabilir. Yaygın l dokusu olan hastalarda antibiyotik uygulamasının klostridial enfeksiyonu önlediğine dair bilimsel kanıt yoktur (3, 46).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Ankara Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hematoloji Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne Ocak 2007-Ocak 2012 tarihleri arasında elektrik çarpması nedeni ile başvuran hastaların dosyaları ve bilgisayar kayıtları etik kurul onayı alındıktan sonra geriye dönük olarak incelendi.

Hastanemize başvuran olgular, acil servis kayıt defteri ve bilgisayar kayıtları kullanılarak geriye dönük olarak tarandı. Olay yerinden alınarak acil servise getirilen veya çevre hastanelerden sevk edilen 93 hasta çalışmaya alındı. Olguların yaş, cinsiyet, başvurdıkları mevsim, maruz kalınan yer, elektrik akım türü, klinik seyirleri, mortalite ve morbidite durumlarına ilişkin bilgiler, hastaneye yatış süreleri, elektrokardiyografi (EKG) bulguları, ekokardiyografi (EKO) bulguları, serum alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), kan üre ve kreatinin, kan kreatin kinaz (CK), kreatin kinaz-miyokardiyal band (CK-MB), troponin I, sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) değerleri önceden hazırlanan olgu formlarına kaydedildi.

Olguların tanı anındaki biyokimyasal incelemeleri *Roche P 800 modülü ile* Roche diagnostik kitleri kullanılarak kalorimetrik yöntemle çalışıldı. AST için 5-45 Ü/L, ALT için 5-35 Ü/L, üre için 10-50 mg/dl, kreatinin için 0,7-1,3 mg/dl, sodyum için 130-145 mEq/L, potasyum için 3,5-5,5 mEq/L, kalsiyum için 8,6-10,8 mg/dl, LDH için 265-500 Ü/L, CK için 38-400 Ü/L, CK-MB için % 0-25 arasında ise normal olarak, eğer bu referans değerlerinin üzerinde ise sonuç yüksek olarak kabul edildi. Troponin ve CK-MB *triage* cihazı ile çalışıldı. Troponin I: < 0,06 ng/ml ise normal, > 0,06 ng/ml ise yüksek olarak kaydedildi. Kan gazı *ABL 505* cihazı ile çalışıldı. Kan gazında pH <7,25 ve HCO₃ <15 mEq/L ise asidoz olarak kabul edildi.

Olgular düşük voltaj (<1000 volt) ve yüksek voltaj (>1000 volt) ile temas edenler olarak iki gruba ayrıldı. Elektrik kaynağının gücü değerlendirilirken eğer elektrik prizi, elektrik kablosu, elektrikli su ısıtıcısı ve elektrik ampulündeki elektriğe maruziyet varsa düşük voltaj; elektrik direği, yüksek gerilim hattı, trafo, jeneratör ve yıldırıma maruziyet varsa yüksek voltaj olarak değerlendirildi.

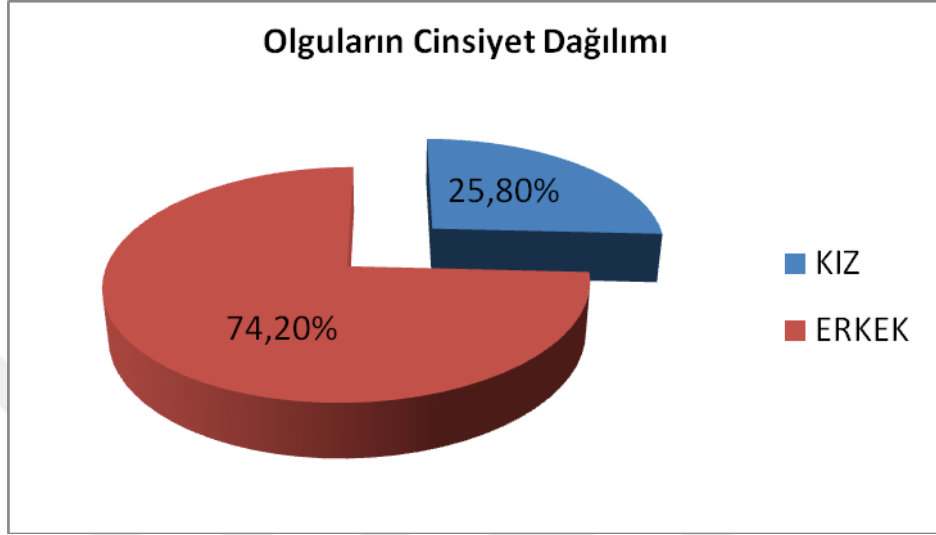
Verilerin istatistiksel analizi “The Statistical Package for the Social Sciences 17.0” (SPSS, Inc. Chicago IL, USA, Microsoft) programı ile yapıldı.

Nicel veriler ortalama (ort) $\pm$ standart sapma (SD) ile, nitel veriler ise sayı (n) ve yüzde (%) olarak gösterildi. Sayısal verilerin karşılaştırmalarında Student-t testi, nitelik gösteren değişkenler arasındaki karşılaştırmalarda Ki-Kare testi, Odds oranı kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için $p < 0,05$ olması yeterli kabul edildi.



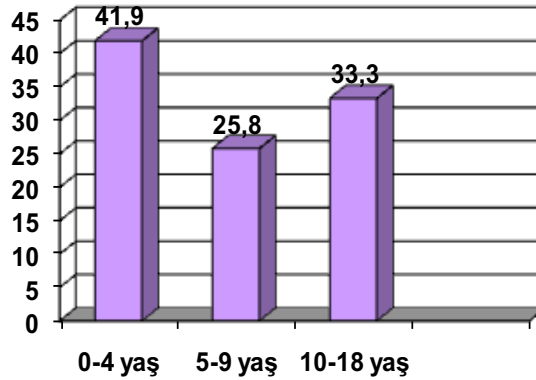
4. BULGULAR

Elektrik çarpması nedeni ile başvuran 93 olgunun 69'u erkek (% 74,2), 24'ü ise kızdı (% 25,8). Erkek çocukların sayısı kız çocukların sayısının yaklaşık 3 katı olarak bulundu (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Olguların cinsiyet dağılımı

Olguların yaş dağılımı 8 ay ile 17 yıl, ortalama yaşı $6,8 \pm 4,2$ yıl bulundu. Hastalar yaş gruplarına göre sınıflandırıldığında elektrik çarpmasına en çok maruz kalanlar 4 yaş ve altındaki (% 41,9) çocuklardı. Diğer çocukların % 25,8'i 5-9 yaşında ve % 32,3'ü ise 10 yaş ve üstünde idi (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Olguların yaş gruplarına göre dağılımı

Yaş gruplarına göre cinsiyet dağılımları değerlendirildiğinde; erkek çocukların % 42,1'i 4 yaş ve altında, % 24,6'sı 5-9 yaşında, % 33,3'ü 10 yaş ve üzerindedir. Kız çocukların % 41,6'sı 4 yaş ve altında, % 29,2'si 5-9 yaşında, % 29,2'si 10 yaş ve üzerindedir. Buna göre yaş grupları arasında cinsiyet dağılımında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$, Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Hastaların yaş ve cinsiyetleri

Yaş grupları (yıl)	Cinsiyet				Toplam		p
	Kız		Erkek		n	%	
	n	%	n	%			
0-4	10	41,6	29	42,1	39	41,9	> 0,05
5-9	7	29,2	17	24,6	24	25,8	
10-17	7	29,2	23	33,3	30	32,3	
Toplam	24	100	69	100	93	100	

Olguların % 71,7'si düşük voltaja, % 28,3'ü ise yüksek voltaja maruz kalmıştı (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Kaynak gücüne göre dağılım

Kaynak Gücü	n	%
Düşük Voltaj	66	71,7
Yüksek Voltaj	26	28,3
Toplam	92	100

Erkeklerin % 73,5'i, kızların ise % 66,7'si düşük voltaja maruz kalmıştır. Buna güç kaynağının cinsiyete göre dağılımında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$, Tablo 4.3). Erkeklerin kızlara göre düşük voltaja yakalanma riski 1,10 kat, yüksek voltaja yakalanma riski ise 0,79 kat daha fazla bulunmuştur.

Tablo 4.3. Kaynak gücüne göre cinsiyet dağılımı

		Cinsiyet				Toplam		p
		Erkek		Kız				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	50	73,5	16	66,7	66	71,7	>0,05
	Yüksek Voltaj	18	26,5	8	33,5	26	28,3	
Toplam		68	100	24	100	92	100	

Elektrik çarpmalarının % 33,3'ü elektrik prizinden, % 26,2'si elektrik kablosundan, % 1,2'si elektrikli su ısıtıcısından, % 8,3'ü ampulden, % 22,6'sı elektrik direğinden, % 6'sı yüksek gerilim hattından ve % 2,4'ü ise elektrik trafosundan kaynaklanmaktaydı (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Elektrik kaynağına göre dağılım

	n	%
Düşük Voltaj		
Elektrik Prizi	28	33,3
Elektrik Kablosu	22	26,2
Elektrikli Su Isıtıcısı	1	1,2
Elektrik Ampülü	7	8,3
Yüksek Voltaj		
Elektrik Direği	19	22,6
Yüksek Gerilim Hattı	5	6,0
Trafo	2	2,4
Jeneratör	-	-
Yıldırım	-	-
Toplam	84	100

Düşük voltaja maruz kalan hastaların % 56,1'i 4 yaş ve altında, % 18,2'si 5-9 yaş arasında, % 25,8'i de 10 yaş ve üzerindeydi. Yüksek voltaja maruz kalan hastaların ise % 7,7'si 4 yaş ve altında, % 42,3'ü 5-9 yaş arasında, % 50'si de 10 yaş ve üzerindeydi. Buna göre yüksek voltaja maruz kalan hastalar düşük voltaja maruz kalan hastalardan anlamlı derecede yaşça daha büyüktür ($p<0,05$, Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Kaynak gücüne göre yaş grupları

Yaş grupları (yıl)	Kaynak Gücü				Toplam		p
	Düşük Voltaj		Yüksek Voltaj				
	n	%	n	%	n	%	
0-4	37	56,1	2	7,7	39	42,4	<0,05
5-9	12	18,2	11	42,3	23	25	
10-17	17	25,8	13	50,0	30	32,6	
Toplam	66	100	26	100	92	100	

Yanığı olan hastaların % 74,2'si düşük voltaja, % 25,8'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. Yanığı olmayan hastaların ise % 65,4'ü düşük voltaja, % 34,6'sı yüksek voltaja maruz kalmıştır. Elektrik akımına maruz kalınan güç kaynağı ile yanık varlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$, Tablo 4.6)

Tablo 4.6. Kaynak gücüne göre yanık durumları

		Yanık				Toplam		p
		Yok		Var				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	49	74,2	17	65,4	66	71,7	>0,05
	Yüksek Voltaj	17	25,8	9	34,6	26	28,3	
Toplam		71	100	15	100	92	100	

Hastaların % 72'sinde hiç yanık yokken, % 18,3'ünde 1. dereceden, % 3,2'sinde 2. dereceden ve % 6,5'inde ise 3. dereceden yanık tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Hastaların yanık dereceleri

Yanık	n	%
Yok	67	72,0
1. Derece	17	18,3
2. Derece	3	3,2
3. Derece	6	6,5
Toplam	93	100

Hastaların % 32,3'ü ayaktan, % 24,7'si acilde, % 34,4'ü herhangi bir çocuk servisinde ve % 8,6'sı ise yoğun bakımda izlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Hastaların izlem yerleri

İzlem yeri	n	%
Ayaktan	30	32,3
Acilde	23	24,7
Serviste	32	34,4
Yoğun bakımda	8	8,6
Toplam	93	100

Ayakta tedavi edilen hastaların % 90'ında, acilde tedavi edilen hastaların % 78,3'ünde, serviste tedavi edilen hastaların % 65,6'sında ve yoğun bakımda tedavi edilen hastaların % 12,5'inde yanık görülmemiştir. Buna göre istatistiksel olarak ayakta tedavi edilen hastalarda yanık görülme oranı hastanede (acilde, serviste, yoğun bakımda) tedavi edilenlerden anlamlı derecede daha düşüktür ($p<0,05$, Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Yanıklı hastaların izlem yerleri

		İzlem								Toplam		p
		Yeri										
		Ayaktan		Acilde		Serviste		Yoğun Bakımda		n	%	
n	%	n	%	n	%	n	%	n	%			
Yanık	Yok	27	90,0	18	78,3	21	65,6	1	12,5	67	72	<0,05
	Var	3	10,0	5	21,7	11	34,4	7	87,5	26	28	
Toplam		30	100	23	100	32	100	8	100	93	100	

Hastaların voltaj gücüne göre yanık dereceleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Buna göre 3. dereceden yanığı olan tüm hastalar yüksek voltaja maruz kalmıştır. İkinci dereceden yanığı olan 3 hastanın ise 1'i yüksek voltaja, 2'si ise düşük voltaja maruz kalmıştır.

Tablo 4.10. Kaynak gücüne göre yanık dereceleri

		Yanık								Toplam	
		Yok		1. Derece		2. Derece		3. Derece			
		N	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	49	74,2	15	88,2	2	66,7	0	0	66	71,7
	Yüksek Voltaj	17	25,8	2	11,8	1	33,3	6	100	26	28,3
Toplam		66	100	17	100	3	100	6	100	92	100

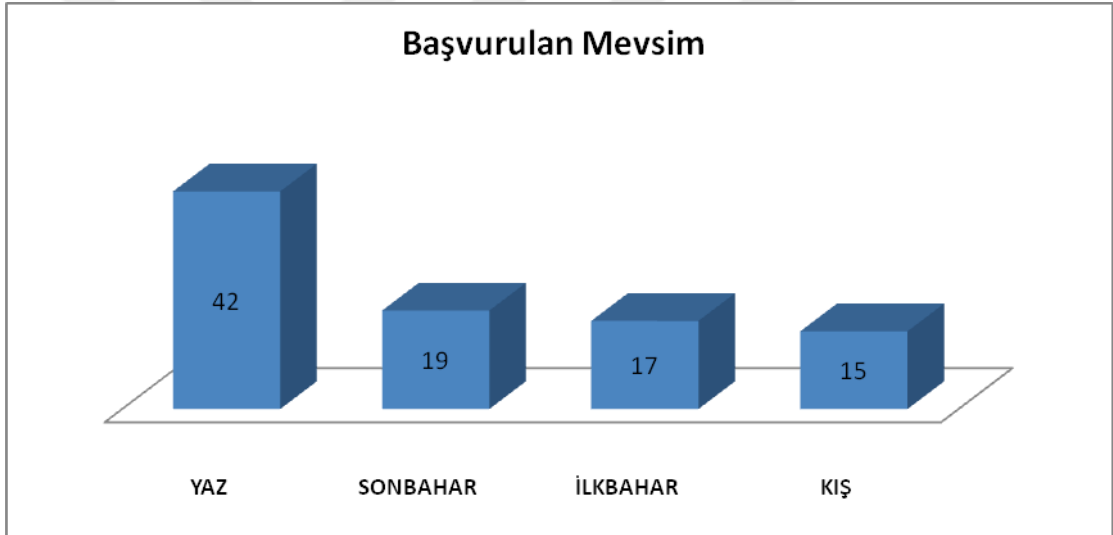
Çalışmamızda hastaların % 96,7'sinin sağlık kuruluşuna başvurduğunda bilinci açık iken, % 1,1'inin bilinci bulanık ve % 2,2'sinin ise bilinci kapalı durumdaydı (Tablo 4.11). Bilinci kapalı olan 2 hastanın biri düşük voltaja diğeri de

yüksek voltaja maruz kalmıştı. Bilinci bulanık olarak gelen hasta ise yüksek voltaja maruz kalmıştı.

Tablo 4.11. Başvuru sırasındaki bilinç durumları

	n	%
Bilinç Açık	89	96,7
Bilinç Bulanık	1	1,1
Bilinç Kapatı	2	2,2
<i>Toplam</i>	92	100

Şekil 4.3'te hastaların başvurdukları mevsimlere göre dağılımları verilmektedir. Buna göre hastaların % 45,2'si yaz, % 16,1'i kış, % 18,3'ü ilkbahar ve %20,4'ü ise sonbahar aylarında sağlık kuruluşuna başvurmuştur.

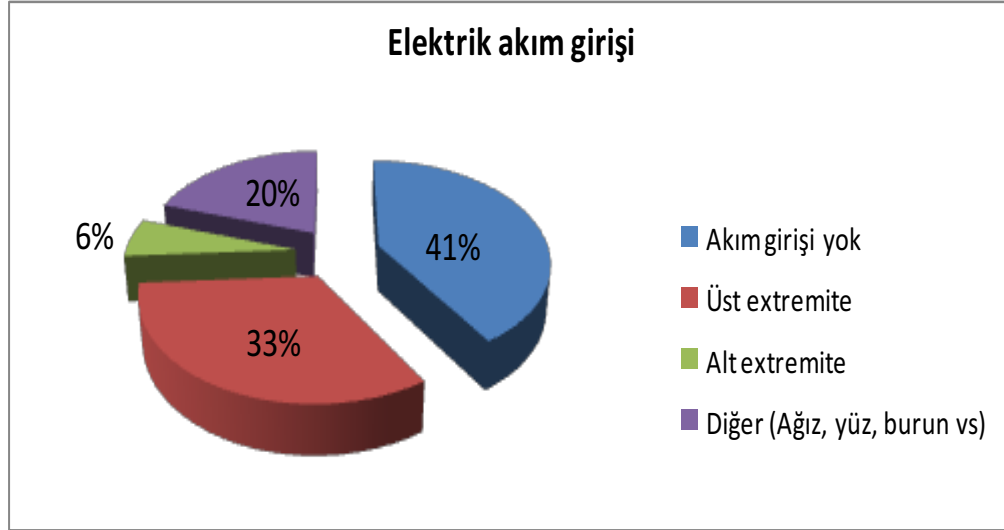


Şekil 4.3. Başvurulan mevsimler

Olguların % 62'si ev içinde, % 38'i de ev dışında elektrik akımına maruz kalmıştı (Tablo 4.12)

Tablo 4.12. Elektrik akımına maruz kalınan yer

	n	%
Ev İçi	57	62,0
Ev Dışı	35	38,0
<i>Toplam</i>	92	100



Şekil 4.4. Elektrik akım giriş yerleri

Hastaların % 41,3'ünde elektrik akım girişi yeri yoktu. Hastaların % 32,6'sında üst extremitéde, % 6,5'inde alt extremitéde, % 19,6'sında ise ağız, yüz, burun ve diğer bölgelerde elektrik akım girişi yeri saptanmıştır (Şekil 4.4).

Ev içinde elektrik çarpan hastaların tamamı düşük voltaja maruz kalmıştı. Ev dışında elektrik çarpan hastaların ise % 25,7'si düşük voltaja, % 74,3'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır. Buna göre ev içinde düşük voltajlı elektriğe maruz kalma oranı yüksek voltajlı elektriğe maruz kalma oranından anlamlı derecede yüksektir (Tablo 4.13, $p<0,05$).

Tablo 4.13. Kaynak gücünün maruz kalan yere göre dağılımı

		Maruz Kalınan Yer				Toplam		p
		Ev İçi		Ev Dışı				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	57	100	9	25,7	66	71,7	<0,05
	Yüksek Voltaj	0	0	26	74,3	26	28,3	
Toplam		57	100	35	100	92	100	

Evde elektriğe maruz kalanların % 56,1'i 4 yaş ve altında, % 19,3'ü 5-9 yaş arasında ve % 24,6'sı 10 yaş ve üzerindeydi. Ev dışında elektriğe maruz kalanların ise % 20'si 4 yaş ve altında, % 34,3'ü 5-9 yaş arasında ve % 45,7'si ise 10 yaş ve üzerindeydi. Buna göre evde elektriğe maruz kalan hastaların yaşları ev dışında

elektriğe maruz kalan hastaların yaşlarına göre anlamlı derecede düşüktür ($p<0,05$, Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Elektriğe maruz kalınan yerin yaşlara göre dağılımı

Yaş grupları (yıl)	Maruz Kalınan Yer				Toplam		p
	Ev İçi		Ev Dışı				
	n	%	n	%	n	%	
0-4	32	56,1	7	20,0	39	42,4	p<0,05
5-9	11	19,3	12	34,3	23	25	
10-17	14	24,6	16	45,7	30	32,6	
Toplam	57	100	35	100	92	100	

Hastalara ait laboratuvar sonuçları Tablo 4.15'te verilmiştir. Buna göre hastaların % 26,4'ünde AST yüksekliği, % 7,7'sinde ALT yüksekliği, % 1,1'inde üre yüksekliği, % 30,8'inde kreatinin yüksekliği, % 7,8'inde hipokalsemi, % 1,1'inde hiponatremi, % 5,5'unda hipopotasemi, % 46,9'unda LDH yüksekliği, % 20'sinde CK yüksekliği, % 28,2'sinde CK-MB yüksekliği, % 6,8'inde troponin yüksekliği saptanmıştır.

Tablo 4.15. Hastaların laboratuvar sonuçları

Laboratuvar Bulguları	n	%
AST (n=91)		
Normal	67	73,6
AST yüksekliği	24	26,4
ALT (n=91)		
Normal	84	92,3
ALT yüksekliği	7	7,7
Üre (n=91)		
Normal	90	98,9
Üre yüksekliği	1	1,1
Kreatinin (n=91)		
Normal	63	69,2
Kreatinin yüksekliği	28	30,8
Kalsiyum (n=90)		
Hipokalsemi	7	7,8
Normal	83	92,2
Sodyum (n=91)		
Hiponatremi	1	1,1
Normal	90	98,9
Potasyum (n=91)		
Hipokalemi	5	5,5
Normal	86	94,5

LDH (n=49)		
Normal	26	53,1
LDH yüksekliği	23	46,9
CK (n=80)		
Normal	64	80,0
CK yüksekliği	16	20,0
CK-MB (n=78)		
Normal	56	71,8
CK-MB yüksekliği	22	28,2
Troponin (n=74)		
Normal	69	93,2
Troponin yüksekliği	5	6,8

- AST' si normal olanların % 80,6'sı düşük voltaja, % 19,4'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır. AST' si yüksek olanların ise % 43,5'i düşük voltaja, % 56,5'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. Buna göre AST' si normal olanların düşük voltaja maruz kalma oranı yüksek voltaja maruz kalma oranından anlamlı derecede yüksektir ($p<0,05$) (Tablo 4.16)

Tablo 4.16. Kaynak gücüne göre AST düzeyi

		AST				Toplam		p
		Normal		Yüksek				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	54	80,6	10	43,5	64	71,1	p<0,05
	Yüksek Voltaj	13	19,4	13	56,5	26	28,9	
Toplam		67	100	23	100	90	100	

- LDH' sı normal olanların % 84,6'sı düşük voltaja, % 15,4'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır. LDH' sı yüksek olanların ise % 56,5'i düşük voltaja, % 43,5'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. Buna göre LDH' sı normal olanların düşük voltaja maruz kalma oranı yüksek voltaja maruz kalma oranından anlamlı derecede yüksektir ($p<0,05$, Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Kaynak gücüne göre LDH düzeyi

		LDH				Toplam		p
		Normal		Yüksek				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	22	84,6	13	56,5	35	71,4	p<0,05
	Yüksek Voltaj	4	15,4	10	43,5	14	28,6	
Toplam		26	100	23	100	49	100	

- CK' sı normal olanların % 81,3'ü düşük voltaja, % 18,8'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. CK' sı yüksek olanların ise % 25'i düşük voltaja, % 75'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. Buna göre CK' sı normal olanların düşük voltaja maruz kalma oranı, yüksek olanların oranından anlamlı derecede daha yüksektir (p<0,05, Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Kaynak gücüne göre CK düzeyi

		CK				Toplam		p
		Normal		Yüksek				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	52	81,3	4	25	56	70	p<0,05
	Yüksek Voltaj	12	18,8	12	75	24	39	
Toplam		64	100	16	100	80	100	

- Yüksek voltaja maruz kalanların % 21,4'ünde, düşük voltaja maruz kalanların ise % 78,6'sında CK-MB normal olarak bulunmuştur. CK-MB' si yüksek olanların % 45,5'i düşük voltaja, 54,5'i ise yüksek voltaja maruz kalmıştır. Buna göre CK-MB' si yüksek olanların düşük voltaja maruz kalma oranı, yüksek olanların oranından anlamlı derecede daha düşüktür (p<0,05, Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Kaynak gücüne göre CK-MB düzeyi

		CK-MB				Toplam		p
		Normal		Yüksek				
		n	%	n	%	n	%	
Kaynak Gücü	Düşük Voltaj	44	78,6	10	45,5	54	69,2	p<0,05
	Yüksek Voltaj	12	21,4	12	54,5	24	30,8	
Toplam		56	100	22	100	78	100	

Çalışmada elektrokardiyogram takiplerinde en çok % 96, 6 ile normal sinüs ritmi görüldü. Hastaları 1'inde sinüs taşikardisi ve 2'sinde ise ST-T değişiklikleri saptandı (Tablo 4.20). ST-T değişikliği saptanan hastalar düşük voltaja, sinüs taşikardisi saptanan hasta ise yüksek voltaja maruz kalmıştı. Beş hastaya ise hiç EKG çekilmemiştir.

Tablo 4.20. EKG sonuçları

EKG	n	%
Normal Sinüs Ritmi	85	96,6
Sinüs Taşikardisi	1	1,1
ST-T Değişiklikleri	2	2,3
Toplam	88	100

Hastaların % 73,1'ine hiç EKO incelemesi yapılmamıştı. EKO incelemesi yapılan 25 hastanın 23'ü normal (% 92) olarak değerlendirildi. Bir hastada sol ventrikülde hipertrofik kardiyomyopati (düşük voltaja maruziyet), diğerinde ise perikardiyal efüzyon (yüksek voltaja maruziyet) saptanmıştır (Tablo 4.21).

Tablo 4.21. EKO sonuçları

EKO	n	%
Normal	23	92
Anormal	2	8
Toplam	25	100

Yoğun bakımda izlenen 8 hastanın 7'si yüksek voltajlı akıma maruz kalırken 1 tanesi düşük voltajlı akıma maruz kalmıştır. Yoğun bakım ortalama yatış süresi $67,1 \pm 5,4$ gün olarak bulunmuştur. Hastaların 2'sine amputasyon, 2'sine greft uygulaması, 2'sine debridman+primer kapatma, 1'ine fasyotomi yapılmıştı Hastalara

yapılan müdahaleler Tablo 4.22’ de gösterilmiştir. İki hastada elektrik çarpması sonucu kalp durması gelişmiş ve canlandırma uygulanmıştır. Bu hastalarda kalp durması elektrik çarpma anında gelişmiş olup bu hastalardan biri yüksek voltaja diğeri düşük voltaja maruz kalmıştır. Düşük voltajlı akıma maruz kalan hastanın aynı zamanda su ile de teması mevcuttu.

Elektrik çarpması sonucu ölen hastamız olmamıştır.

Tablo 4.22. Yoğun bakımdaki hastalara yapılan müdahaleler

Hasta	Voltaj	Yapılan müdahale	Uygulanan alan
1.	Yüksek voltaj	Debridman+primer kapatma	Sol el
2.	Yüksek voltaj	Graft	Sağ el
3.	Yüksek voltaj	Fasyotomi	Sağ el
4.	Yüksek voltaj	Graft	Sol el
5.	Düşük voltaj	Yok	Yok
6.	Yüksek voltaj	Debridman+primer kapatma	Sağ el
7.	Yüksek voltaj	Amputasyon	Sağ ayak 5. parmak
8.	Yüksek voltaj	Amputasyon	Sol el

5. TARTIŞMA

Elektrik çarpmaları gelişmekte olan ülkelerde daha fazla görülmekle birlikte gelişmiş ülkelerin de önemli bir sağlık sorunudur. Kanada'da 1991–1996 yılları arasında 606 çocuk olgunun elektrik çarpmasına maruz kaldığı, ABD'de ise 1992–1998 yılları arasında 2287 işçinin elektrik çarpmasına bağlı olarak öldüğü, 32807 işçinin ise elektrik akımı ile yaralanarak işinden uzun süre ayrı kaldığı tespit edilmiştir (12, 13).

Elektrik yaralanmaları tüm yaralanmaların yaklaşık % 3,7'sini oluşturmaktadır (47). Kosova'da elektrik çarpmalarının insidansı % 17,5 ile en yüksektir. Bu oran ABD'de % 3, Çin'de % 3-5, Slovakya'da % 2,7 ve Hindistan'da % 3-9 olarak bulunmuştur. Gelişmiş ülkelerde elektrik çarpmasına bağlı yaralanmalar % 6 iken gelişmemiş ülkelerde % 13 civarındadır (48). Ülkemizdeki bir çalışmada elektrik yaralanmalarının sıklığı % 15 bulunmuş olup bu oran dünya ortalamasından yüksektir (49).

Elektrik çarpmalarına bağlı yaralanmalar tüm yaş grupları düşünüldüğünde özellikle erkeklerde sık görülmektedir (1, 10). Bu oran Rai ve ark.nın (50) çalışmasında % 81, ülkemizde yapılan bir çalışmada % 76 bulunmuştur (51). Çocuklarda da elektrik yaralanmaları tıpkı erişkinlerdeki gibi daha çok erkeklerde görülmektedir. Rabban ve ark. (2) hastaların % 70,8'inin, Mashrek ve ark. (52) hastaların % 63,2'sinin erkek olduğunu saptamışlardır. Ülkemizde yapılan çalışmalarda erkeklerde görülme oranını Çelik ve ark. (53) % 76, Akçan ve ark. (54) ise % 83,8 bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da olguların % 74,2 si erkek, % 25,8'i kız olup literatürle uyumludur. Bu sonuçlar özellikle erkek çocukların elektrikli aletlere daha meraklı olmasına ve kız çocuklara oranla daha serbest yetiştirilmesine bağlanabilir.

Çocukluk döneminde yapılan çalışmalarda elektrik çarpmasının yaş ortalaması 8,7 ile 10,1 yıl olarak bildirilmektedir (52, 55). Ülkemizdeki çalışmalarda ise ortalamanın 5,9 ile 11,5 yıl olduğu belirtilmiştir (56, 57). Çalışmamızda ortalama yaş 6,8 yıl olup diğer çalışmalara benzer bulunmuştur. Yaş gruplarına göre değerlendirdiğimizde; Çelik ve ark. (56) hastalarının % 74'ünün, Garcia ve ark. (58)

% 69'unun 4 yaş altında olduğunu saptamışlardır. Bizim çalışmamızda da benzer bir sonuçla elektrik çarpmasına en çok maruz kalanlar 4 yaş altındaki çocuklar (% 41,9) olmuştur. Bu grupta elektrik çarpmalarının daha fazla görülmesinin nedeni 4 yaş altı olgularda kazaların daha kolay fark edilmesi ve bu yaş grubunda acil servise müracaatın daha sık olması olabilir. Yine bu yaş grubundaki çocukların çok meraklı olmaları, tehlikelerin farkında olmamaları, yeni şeyler öğrendikleri dönemde olmaları da daha fazla yaralanmalarına açıklayıcı olabilir. Çalışmalardaki bu bulgular genel olarak okul öncesi dönemdeki çocukların önemli derecede risk altında olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla ev içi elektrik çarpmalarının önlenmesinde çocukların gözetim altında tutulması çok önemlidir.

Küçük çocuklar genellikle ev içinde düşük voltajlı elektrik akımına, daha büyük çocuklar ve ergenler ise ev dışında, yüksek gerilim hat kaynaklı ya da iş ortamında sanayi tipi yüksek voltajlı elektrik akımına maruz kalırlar (1). Garcia ve ark. (58) 78 çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada hastaların % 78'inin Dokov ve ark. (59) ise % 76'sının düşük voltaja maruz kaldıklarını bulmuşlardır. Biz de olgularımızın % 71,7'sinin düşük voltajla yaralandığını saptadık. Çelik ve ark.(53) ise hastalarının % 63'ünde yüksek voltajla yaralanma saptamışlardır. Bu farklılığın nedeni bu çalışmada hastaların % 58'inin 10-16 yaş grubunda, bizim çalışmamızda ise % 41,9'unun 0-4 yaş grubunda olmasıdır.

Rabban ve ark. (2) 144 çocuk ve ergen hastayı inceledikleri çalışmada elektrik maruziyetinin daha çok (% 60) kablolar ve prizlere temas sonucunda gerçekleştiğini saptamışlardır. Biz de çalışmamızda hastaların daha çok (% 59,5) elektrik kablosu ve priz teması sonucunda yaralandığını saptadık. Bu ev içi önlemlerin önemini göstermektedir. Özellikle birçok batı ülkesinde kullanılan ve etkili olduğu saptanan kaçak algılayıcı aletler ev içi önlemlerin artırılması için kullanılabilir. Bu aletler kısa devre algıladıklarında elektrik akımını keserler (2, 3, 50, 53).

Yüksek voltajlı elektriğe maruziyet düşük voltaja göre çok daha fazla yanığa neden olmaktadır (3). Çalışmamızda yanığı olan hastalarımızın % 74,2'si düşük voltaja, % 25,8'i yüksek voltaja maruz kalmıştı. Hastaların % 72'sinde yanık yoktu

ve bu durumun hastalarımızın daha çok düşük voltaja maruz kalmasıyla açıklanabileceği düşünüldü.

Elektrik çarpmalarının daha çok yaz aylarında görülmesi bu aylarda çocukların daha serbest bırakılmalarına, çocuklar üzerindeki gözetimin azalmasına yine yaz aylarında vücudun terlemesi sonucu deri direncinin azalmasına bağlıdır (60, 62). Çalışmamızda da elektrik çarpmalarının daha çok (% 45,2) yaz aylarında olduğu görülmüştür.

Ev içindeki elektrik çarpmaları daha çok çocuklarda, ev dışında veya işyerinde ise ergenlerde meydana gelmektedir. Al ve ark. (51) hastalarının % 60'ının ev içinde elektrik çarpmasına maruz kaldığını saptamışlardır. Benzer şekilde olgularımızın % 62'si ev içi elektrik akımına maruz kalmıştır.

Tomkins ve ark. (62) elektrik yaralanmalarının % 68'inin, Akçan ve ark. (54) % 72,9'unun, Çelik ve ark. (56) % 75'inin üst extremitede olduğunu göstermişlerdir. Biz de çalışmamızda elektrik çarpmalarının en fazla (% 32,6) üst extremitede olduğunu gösterdik.

Elektrik akımı derin dokularda hasar oluşturmakta CK, CK-MB ve LDH gibi laboratuvar parametrelerini yükseltmekte ve bu parametreler doku hasarının takibinde kullanılmaktadır. Çizgili kaslardaki sinirlerin elektriksel olarak veya kasların direkt olarak uyarılması ile kaslarda yırtılma, ödem ve kas nekrozu oluşmakta, kompartman sendromu gelişebilmektedir (63). Kopp ve ark. (34) çalışmalarında birincil patolojinin membran geçirgenliğinde artış ve membran rüptürü olduğunu, bunun da hücrel enzimlerin kaybından kaynaklandığını bildirmiştir. Çalışmamızdaki voltaj düzeyinin kas hasarına etkilerine bakıldığında; yüksek voltaja ve düşük voltaja maruz kalanların sırasıyla % 56,5'inde ve % 43,5'inde AST, % 75'inde ve % 25'inde CK, % 54,5'unda ve % 45,5'inde CK-MB, % 43,5'inde ve % 56,5'inde LDH yüksek bulunmuştur. Karadas ve ark. (60) çalışmasında da benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu yüksek voltajlı yaralanmalarda kas harabiyetinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Elektrik çarpmalarının kalp üzerine etkileri önemlidir. En ciddi komplikasyonu kalp durmasına yol açan ventriküler fibrilasyondur. Bununla birlikte ölümcül olmayan sinüs taşikardisi, QT uzaması, çeşitli kalp blokları, supraventriküler-ventriküler aritmiler, atriyal fibrilasyon ve özgül olmayan ST değişiklikleri gibi başka ritim bozuklukları da bildirilmiştir. Ancak bunlar genellikle hemodinamik bozukluğa yol açmazlar ve geçicidirler. Voltaj ne kadar yüksekse kalp kası hasarının o derece fazla olduğu ifade edilmektedir (26, 57, 62). Garcia ve ark. (58) hastalarının % 3,8'inde EKG'de ST-T değişikliği saptamışlardır. Tomkins ve ark. (62) ise 22 çocuğun sadece 3'ünde EKG anormalliği göstermişlerdir. Bunların ikisinde ST değişikliği (düşük voltaja maruz kalmış), birinde T negatifliği (yüksek voltaja maruz kalmış) bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da hastalarımızın % 3,4'ünde EKG'de bozukluk (iki hastada ST-T değişikliği, bir hastada sinüs taşikardisi) görülmüştür. Çalışmamızda EKG değişikliklerinin az görülmesi hastalarımızın daha çok düşük voltaja maruz kalmasıyla açıklanabilir.

Elektrik çarpması olgularını 1960'lı yıllardan sonra 24 saat boyunca kardiyak monitorizasyon için hastaneye yatırmak geleneksel bir durum haline gelmişti (1, 55). Son yıllarda yapılan çalışmalar standart ev içi elektrik akımıyla temas etmiş ve herhangi bir yakınması olmayan hastalarda kardiyak monitorizasyon süresince EKG değişiklikleri saptanmadığını göstermiştir. Ayrıca ev içi düşük voltaja maruz kalan çocuk hastaların acil servise başvuru sırasında yakınması olmaması, olay yerinde kalp durması ve bilinç kaybına uğramaması durumunda geç dönemde ritim bozukluğu geliştirmediklerini göstermişlerdir (3, 45, 58, 64, 65). Bu nedenle ev içi düşük voltaja maruz kalan hastalarımıza kardiyak monitorizasyon yapmadık. Ancak belirtisiz de olsalar tüm hastalara başvuru sırasında EKG çekilmesini öneriyoruz.

Elektrik kaynağının gücü arttıkça mortalite ve morbidite oranında artış olmaktadır (1, 42). Tomkins ve ark.nın (62) çalışmasında uzun dönemde kalıcı sekel saptanan olan 3 hasta yüksek voltaja maruz kalmıştı. Mashreky ve ark. (52) çalışmasında ise kaybedilen hastaların % 80'i yüksek voltaja maruz kalmıştı. Al ve ark. (51) çalışmalarında ölen 15 hastanın 12'sinin yüksek voltaja maruz kaldığını göstermişlerdir. Çalışmamızda 8 hasta yoğun bakımda takip edilmişti. Bu hastaların 2'sine amputasyon, 2'sine greft uygulaması, 2'sine debridman+primer kapatma,

l'ine fasyotomi yapılmıştı. Bu hastaların hepsi yüksek voltaja maruz kalan hastalardı. Bu da elektrik kaynağının gücü arttıkça morbidite ve mortalitenin arttığını göstermektedir.

Nyugen ve ark. (13) yaptıkları epidemiyolojik çalışmada elektrik çarpmasına bağlı ölüm oranı 100.000'de 0,045 olarak bulunmuştur. Mashreky ve ark. (52) çalışmasında ise ölümcül elektrik çarpmalarının insidansı 100.000'de 1,42; ölümcül olmayan elektrik çarpmalarının insidansı ise 100.000'de 53,2 olarak bulunmuştur. Ülkemizde bu konuda yeterli çalışma bulunmamakla beraber Çelik ve ark. (53) 38 olguluk bir seride elektrik çarpmalarının % 2,6'sının ölümle sonuçlandığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ise ölen olgumuz olmamıştır. Bu da olgularımızın daha çok düşük voltaja maruz kalmasıyla açıklanabilir.

Bu çalışmada elektrik yaralanmalarının daha çok 0-4 yaş grubunda, evlerde, elektrik prizlerine ve kablolarına bağlı düşük voltajla gerçekleştiği ortaya konulmuştur. Bu; elektrik yaralanmalarına maruz kalan hedef grubun özellikleri ve yaralanmanın oluş şekli düşünülürse çocukların gözetiminin daha dikkatli yapılmasının önemini; evlerde priz kapakları, zeminde kaçak algılayıcı akım kesicilerinin kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yüksek voltaja maruz kalan hastalarımızda AST, ALT, CK, CK-MB ve LDH düzeylerinin anlamlı derecede yüksek bulunması, kalıcı sekel ve extremité kaybının özellikle bu grupta görülmesi, bu çocukların hastaneye yatırılarak daha yakın takip edilmesi gerektiğini göstermiştir. Elektrik çarpmalarının önlenmesinde özellikle elektrik kablolarının ve tesisatlarının standardize edilmesi ve denetlenmesini öneriyor; iletişim araçlarında, okullarda ve muayene sırasında biz hekimler tarafından bilgilendirme yapılmasının gerektiğini düşünüyoruz.

6. SONUÇLAR

1. Hastaların % 74,2'si erkek, % 25,8'i kızdı.
2. Hastaların yaş ortalaması $6,8 \pm 4,2$ yıl (8 ay-17 yıl).
3. Elektrik çarpmasına maruz kalan çocukların % 41,9'u 4 yaş ve altında, % 25,8'i 5-9 yaşında ve % 32,3'ü ise 10 yaş ve üstünde idi.
4. Erkek çocukların % 42,1'i 4 yaş ve altında, % 24,6'sı 5-9 yaşında, % 33,3'ü 10 yaş ve üzerindeydi. Kız çocukların % 41,6'sı 4 yaş ve altında, % 29,2'si 5-9 yaşında, % 29,2'si 10 yaş ve üzerindeydi.
5. Olguların % 71,7'si düşük voltaja, % 28,3'ü ise yüksek voltaja maruz kalmıştı.
6. Düşük voltaja maruz kalan hastaların % 56,1'i 4 yaş ve altında, % 18,2'si 5-9 yaş arasında, % 25,8'i de 10 yaş ve üzerindeydi. Yüksek voltaja maruz kalan hastaların ise % 7,7'si 4 yaş ve altında, % 42,3'ü 5-9 yaş arasında, % 50'si de 10 yaş ve üzerindeydi.
7. Elektrik çarpmalarının % 33,3'ü elektrik prizinden, % 26,2'si elektrik kablosundan, % 1,2'si elektrikli su ısıtıcısından, % 8,3'ü ampulden, % 22,6'sı elektrik direğinden, % 6'sı yüksek gerilim hattından ve % 2,4'ü de elektrik trafosundan kaynaklıydı.
8. Hastaların % 32,3'ü ayaktan, % 24,7'si acil serviste, % 34,4'ü çocuk servisinde ve % 8,6'sı ise yoğun bakımda izlenmiştir.
9. Hastaların % 72'sinde hiç yanık yokken, % 18,3'ünde 1. dereceden, % 3,2'sinde 2. dereceden ve % 6,5'inde ise 3. dereceden yanık tespit edilmiştir.
10. Yanığı olan hastaların % 74,2'si düşük voltaja, % 25,8'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. Yanığı olmayan hastaların ise % 65,4'ü düşük voltaja, % 34,6'sı yüksek voltaja maruz kalmıştır. Hastalarda 3. dereceden yanığı olan tüm hastalar yüksek voltaja maruz kalmıştır. İkinci dereceden yanığı olan 3 hastanın 1'i yüksek voltaja, 2'si ise düşük voltaja maruz kalmıştır.

11. Ayakta tedavi edilen hastaların % 90'ında, acilde tedavi edilen hastaların % 78,3'ünde, serviste tedavi edilen hastaların % 65,6'sında ve yoğun bakımda tedavi edilen hastaların % 12,5'inde yanık görülmemiştir.
12. Çalışmamızda hastaların % 96,7'sinin sağlık kuruluşuna başvurduğunda bilinci açık iken, % 1,1'inin bilinci bulanık ve % 2,2'sinin ise bilinci kapalı durumdaydı. Bilinci kapalı olan 2 hastanın biri düşük voltaja diğeri de yüksek voltaja, bilinci bulanık olarak gelen hasta ise yüksek voltaja maruz kalmıştı.
13. Hastaların % 45,2'si yaz, % 16,1'i kış, % 18,3'ü ilkbahar ve % 20,4'ü ise sonbahar aylarında sağlık kuruluşuna başvurmuştur.
14. Olguların % 62'si ev içinde, % 38'i ev dışında elektrik akımına maruz kalmıştır.
15. Ev içinde elektrik çarpan hastaların tamamı düşük voltaja, ev dışında elektrik çarpan hastaların ise % 25,7'si düşük voltaja, % 74,3'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır.
16. Evde elektriğe maruz kalanların % 56,1'i 4 yaş ve altında, % 19,3'ü 5-9 yaş arasında ve % 24,6'sı 10 yaş ve üzerindeydi. Ev dışında elektriğe maruz kalanların % 20'si 4 yaş ve altında, % 34,3'ü 5-9 yaş arasında ve % 45,7'si ise 10 yaş ve üzerindeydi.
17. Hastaların % 32,6'sı üst extremiteden, % 6,5'u alt extremiteden, % 19,6'sı ağız, yüz, burun ve diğer bölgelerden elektrik akımına maruz kalmıştı.
18. Üst extremiteden elektrik çarpan 30 hastanın 25'inde elektrik akım çıkış yeri saptanamamıştır. Kalan 5 hastanın 3'ünde elektrik akımı sağ elden girip sol elden çıkmıştır. İkisinde ise sol elden girip sağ elden çıkmıştır. Alt extremiteden elektrik çarpan 6 hastanın 1'inde ve ağız mukozasından yaralanan 2 hastada elektrik akım çıkış yeri saptanamamıştır.
19. AST' si normal olanların % 80,6'sı düşük voltaja, % 19,4'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır. AST' si yüksek olanların ise % 43,5'i düşük voltaja, % 56,5'i yüksek voltaja maruz kalmıştı.

20. LDH' sı normal olanların % 84,6'sı düşük voltaja, % 15,4'ü yüksek voltaja maruz kalmıştır. LDH' sı yüksek olanların ise % 56,5'i düşük voltaja, % 43,5'i yüksek voltaja maruz kalmıştır.
21. CK' sı normal olanların % 81,3'ü düşük voltaja, % 18,8'i yüksek voltaja maruz kalmıştır. CK' sı yüksek olanların ise % 25'i düşük voltaja, % 75'i yüksek voltaja maruz kalmıştır.
22. Yüksek voltaja maruz kalanların % 21,4'ünde, düşük voltaja maruz kalanların ise % 78,6'sında CK-MB normal olarak bulunmuştur. CK-MB' si yüksek olanların % 45,5'i düşük voltaja, 54,5'i ise yüksek voltaja maruz kalmıştır.
23. Çalışmada elektrokardiyogram takiplerinde en çok normal sinüs ritmi (% 96,6) görüldü. Hastaların 1'inde sinüs taşikardisi ve 2'sinde ise ST-T değişiklikleri saptandı. ST-T değişikliği saptanan hastalar düşük voltaja, sinüs taşikardisi saptanan hasta ise yüksek voltaja maruz kalmıştı. Beş hastaya ise hiç EKG çekilmemişti.
24. Hastaların % 73,1'ine hiç EKO incelemesi yapılmamıştı. EKO incelemesi yapılanların % 92'si ise normal bulunmuştu. EKO' da hastaların birinde sol ventrikülde hipertrofik kardiyomyopati (düşük voltaja maruziyet), diğerinde perikardiyal efüzyon (yüksek voltaja maruziyet) saptanmıştır.
25. Yoğun bakımda izlenen 8 hastanın 7'si yüksek voltajlı akıma maruz kalırken 1 tanesi düşük voltajlı akıma maruz kalmıştır. Yoğun bakımda yatan hastaların ortalama yatış süresi $67,1 \pm 5,4$ olarak bulunmuştur. Yoğun bakımda takip edilen hastaların 2'sine amputasyon, 2'sine greft uygulaması, 2'sine debridman+primer kapatma ve 1'ine fasyotomi yapılmıştı.
26. İki hastada elektrik çarpması sonucu kalp durması gelişmiş ve canlandırma uygulanmıştır. Bu hastalarda kalp durması elektrik çarpma anında gelişmiş olup bu hastalardan biri yüksek voltaja diğeri düşük voltaja maruz kalmıştır. Düşük voltajlı akıma maruz kalan hastanın aynı zamanda su ile de teması mevcuttu. Elektrik çarpması sonucu ölen hastamız olmamıştır.

7. KAYNAKLAR

1. Koumbourlis AC. Electrical İnjuries. Crit Care Med 2002; 30: 424-30
2. Rabban JT, Blair AJ, Rosen CL. Mechanism of Pediatric Electrical Injury. Arch Pediatr Adolesc Med 1997; 151: 696-700
3. Zubair M, Besner GE. Pediatric electrical burns: management strategies. Burns 1997; 23: 413- 20
4. Barkana A, Oktay A, Orhun Ö, Gülmezoglu M. Elektrik ve Magnetizma. ETEM A.S. Web- Ofset Tesisleri, Eskisehir, 1991; 2-9, 97-107, 124- 5
5. Peşint MA. Elektrik Santralleri Enerji İletimi Ve Dağıtımı, MEB, Ankara, 1978
6. Özdemir A. Elektrik Bilgisi, MEB, İstanbul, 2000
7. Fish RM, Geddes LA. Conduction of electrical current to and through the human body: a review. Eplasty 2009; 9: 407-21
8. Spies C, Trohman RG. Narrative Review: Electrocution and Life-Threatening Electrical İnjuries. Ann Intern Med 2006; 145: 531-7
9. Bernstein T. Electrical injury: Electrical engineer’s perspective and an historical review. Ann NY Acad Sci 1994; 720: 1–10
10. Toon MH, Maybeuer DM, Arceneaux LL, Fraser JF, Meyer W, Runge A, et al. Children with burn injuries-assessment of travma, neglect, violence and abuse. J Inj Violence Res 2011; 3: 98-110
11. Kasa F, Viragos KE. Sudden death after home electrotherapy. Arch Kriminol 1981; 167: 43-51.
12. Cawley JC, Homce GT. Occupational electrical injuries in the United States, 1992-1998, and recommendations for safety research. J Safety Res 2003; 34: 241-8
13. Nguyen BH, MacKay M, Bailey B, Klassen TP. Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth. Inj Prev 2004; 10: 122-4
14. Wright RK. Death or injury caused by electrocution. Clin Lab Med 1983; 3: 343-53

15. Barrett M, O'Connell K, Sung CMA, Stokes G. Analysis of electrical accidents in UK domestic properties. *Building Serv Eng Res Technol* 2010; 3: 237-49
16. Anders S, Gehl A, Tsokos M. Suicidal electrocution using timers. Case reports and review of the literature. *Arc Kriminol* 2001; 208: 80-7
17. Klintschar M, Grabuschnigg P, Beham A. Death from electrocution during autoerotic practice: case report and review of the literature. *Am J Forensic Med Pathol* 1998; 19: 190-3
18. Jain S, Bandi V. Electrical and lightning injuries. *Crit Care Clin* 1999; 15: 319–31
19. Morse MS, Berg JS, TenWolde RL. Diffuse electrical injury: a study of 89 subjects reporting long-term symptomatology that is remote to the theoretical current pathway. *IEEE Trans Biomed Eng* 2004; 51: 1449-59
20. Lee RC. Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg* 1997; 34: 677-764
21. Bonte W, Sprung R, Huckenbeck W. Problems in the evaluation of electrocution fatalities in the bathtub. *Z Rechtsmed* 1986; 97: 7-19
22. Takamiya M, Saigusa K, Nakayashiki N, Aoki Y. A histological study on the mechanism of epidermal nuclear elongation in electrical and burn injuries. *Int J Legal Med* 2001; 115: 152-7.
23. Fatovich DM. Electrocution in Western Australia, 1976- 1990. *Med J Aust* 1992; 157: 762-4
24. Cooper MA. Emergent care of lightning and electrical injuries. *Semin Neurol* 1995; 15: 268–78
25. Hussmann J, Zamboni WA, Russell RC, Roth AC, Kucan JO, Suchy H, et al. A model for recording the microcirculatory changes associated with standardized electrical injury of skeletal muscle. *J Surg Res* 1995; 59: 725-32
26. Carleton SC. Cardiac problems associated with electrical injury. *Cardiol Clin* 1995; 13: 263–6
27. Chandra NC, Siu CO, Munster AM. Clinical predictors of myocardial damage after high voltage electrical injury. *Crit Care Med* 1990; 18: 293–7
28. Aygün D, Gönüllü H. The myopathic effects of electrical injury. *Ulus Travma Acil Cerrahi Dergisi* 2010; 16: 225-8

29. Jacobsen H. Electrically induced deposition of metal on the human skin. *Forensic Sci Int* 1997; 90: 85- 92
30. Ko SH, Chun W, Kim HC. Delayed spinal cord injury following electrical burns: a 7- year experience. *Burns* 2004; 30: 691-5
31. Cherington M. Central nervous system complications of lightning and electrical injuries. *Semin Neurol* 1995; 15: 233–40
32. Kleinschmidt-DeMasters BK. Neuropathology of lightning-strike injuries. *Semin Neurol* 1995; 15: 323–8
33. Qin ZQ, Gong YC, Huang XH. Ultrastructure changes of electrical injury in rats. *Fa Yi Xue Za Zhi* 2001; 17: 142-4
34. Kopp J, Loos B, Spilker G, Horch RE. Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns. *Burns* 2004; 30: 680-3
35. Haberal M, Uçar N, Bayraktar U, Oner Z, Bilgin N. Visceral injuries, wound infection and sepsis following electrical injuries. *Burns* 1996; 22: 158-61
36. Hostetler MA, Davis CO. Galeazzi fracture resulting from electrical shock. *Pediatr Emerg Care* 2000; 16: 258-9
37. Alfie M, Benmeir P, Caspi R, Raveh T, Moor E, Weinberg A, et al. Costal osteomyelitis due to an electrical burn. *Burns* 1995; 21: 147-8
38. Thomas SS. Electrical burns of the mouth: still searching for an answer. *Burns* 1996; 22: 137-40.
39. Fish RM. Electric injury, Part II: Specific injuries. *J Emerg Med* 2000; 18: 27-34
40. Miller BK, Goldstein MH, Monshizadeh R, Tabandeh H, Bhatti MT. Ocular manifestations of electrical injury: a case report and review of the literature. *CLAO J* 2002; 28: 224-7
41. Yakuboff KP, Kurtzman LC, Stern PJ. Acute management of thermal and electrical burns of the upper extremity. *Orthop Clin North Am* 1992; 23: 161-9
42. Burke JF, Quinby WC, Bondoc C, McLaughlin E, Treistad RL. Patterns of High Tension Electrical Injury in Children and Adolescents and Their Management. *Am J Surg* 1977; 133: 492-7
43. Cunningham PA. The need for cardiac monitoring after electrical injury. *Med J Aust* 1991; 154: 765–6

44. Bailey B, Forget S, Gaudreault P. Prevalence of potential risk factors in victims of electrocution. *Forensic Sci Int* 2001; 123: 58–62
45. Bailey B, Gaudreault P, Thivierge RL. Experience with guidelines for cardiac monitoring after electrical injury in children. *Am J Emerg Med* 2000; 18: 671–5
46. Engrav HL, Gottlieb JR, Walkinshaw MD, Heimbach DM, Trumble TE, Grube BJ. Outcome and treatment of Electrical Injury with Immediate Median and Ulnar Nerve Palsy at the Wrist: A Retrospective Review and a Survey of Members of the American Burns Association. *Ann Plast Surg* 1990; 25: 166-8
47. Buja Z, Arifi H, Hoxha E. Electrical Burn Injuries: An Eight-year Review. *Ann Burns Fire Disasters*. 2010; 23: 4-7
48. Chudasama S, Goverman J, Donaldson JH, van Aalst J, Cairns BA, Hultman CS. Does voltage predict return to work and neuropsychiatric sequelae following electrical burn injury? *Ann Plast Surg* 2010; 64: 522-5
49. Nursal TZ, Yildirim S, Tarim A, Caliskan K, Ezer A, Noyan T. Burns in southern Turkey: electrical burns remain a major problem. *J Burn Care Rehabil* 2003; 24: 309-14.
50. Rai J, Jeschke MG, Barrow RE, Herndon DN. Electrical injuries: a 30-year review. *J Trauma* 1999; 46: 933-6
51. Al B, Aldemir M, Güloğlu C, Kara IH, Girgin S. Epidemiological characteristics of electrical injuries of patients applied to the emergency department. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2006; 12: 135-42
52. Mashreky SR, Rahman A, Khan TF, Svanström L, Rahman F. Epidemiology of childhood electrocution in Bangladesh: findings of national injury survey. *Burns* 2010; 36: 1092-5
53. Çelik A, Ergün O, Ozok G. Pediatric electrical injuries: a review of 38 consecutive patients. *J Pediatr Surg*. 2004; 39: 1233-7
54. Akçan R, Hilal A, Gülmen MK, Çekin N. Childhood deaths due to electrocution in Adana, Turkey. *Acta Paediatr* 2007; 96: 443-5
55. Haim A, Zucker N, Levitas A, Sofer S, Katz A, Zalstein E. Cardiac manifestations following electrocution in children. *Cardiol Young* 2008; 18: 458-60
56. Çelik BK, Erkek N, Yöney A, Uçar Ş, Şenel S. Çocuk acil servise elektrik çarpması nedeniyle başvuran olgular. *STED* 2008; 17: 91-4

57. Aliosmanoğlu Ç, Aliosmanoğlu İ, Kapan M, Büyük A, Önder A. Yanık yoğun bakımda elektrik çarpması nedeniyle izlenen çocukların takip ve tedavi sonuçları. Dicle Tıp Dergisi 2011; 38: 170-3
58. Garcia CT, Smith GA, Cohen DM, Fernandez K. Electrical injuries in a pediatric emergency department. Ann Emerg Med 1995; 26: 604-8
59. Dokov WV. Epidemiology of fatal electrical injuries in children and adolescents. Acta Paediatr 2009; 98: 756-7
60. Karadas S, Gönülü H, Oncu MR, Işık D, Canbaz Y. The effects on comlications and myopathy of different voltages in electrical injuries. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg 2011; 17: 349-53
61. Varol E, Ozaydın M, Altınbas A, Dogan A. Low-tension electrical injury as a cause of atrial fibrillation: a case report. Tex Heart Inst J 2004; 31: 186-7
62. Tomkins KL, Holland AJ. Electrical burn injuries in children. J Paediatr Child Health 2008; 28: 727-30
63. Orak M, Üstündağ M, Güloğlu C, Gökhan Ş, Alyan Ö. Relation between serum Pro-Brain Natriuretic Peptide, Myoglobin, CK levels and morbidity and mortality in high voltage electrical injuries. Intern Med 2010; 49: 2439-43
64. Wilson CM, Fatovitch DM. Do children need to be monitored after electric shocks? J Pediatr Child Health 1998; 34: 474-6
65. Chen EH, Sareen A. Do children require ECG evaluation and inpatient telemetry after household electrical exposures? Ann Emerg Med 2007; 49: 64-7