

Elektrik Akımı Lezyonlarında Histopatolojik Bulgular

HISTOPATHOLOGICAL FINDINGS IN ELECTRICAL LESIONS

Dr. Elif Ülker AKYILDIZ^a

^aAdalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu, İSTANBUL

Özet

Elektrik günümüzde evlerde ve sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Evlerde ve sanayide görülebilen ölümler çoğu zaman kaza sonucu meydana gelir. Akımın en sık girdiği bölgeler eller ve baş, vücudu en sık terk ettiği yerler ayaklar, bacaklar ve ellerdir. Giriş ve çıkış lezyonlarının bulunması için dikkatli bir dış muayene şarttır. Şüpheli ani ölümlerde araştırmanın en önemli kısmı, elektrik taşıyan iletici ile temas sonucunda oluşan elektrik akımı giriş lezyonunun saptanmasıdır. Akımın vücuda yüzeyine temas noktasında "Joule yanıkları" denen deri lezyonları görülür. Elektrik çarpmasında otopside izlenen iç organ bulguları spesifik olmadığından deri lezyonunun görülmesi ve bu alandan alınan dokusunun patolojik incelemesi tanıyı koyduracaktır. Deride elektrik yaralanması tanısını koyabilmek için yardımcı olabilecek pekçok morfolojik değişiklik tanımlanmıştır. Epidermiste koagülasyon nekrozu, nekrozun kenarında epidermal hücre çekirdeklerinde uzama, piknoz, paralel demetler halinde dizilme (palizadlanma, nükleer streaming), dermal homojenizasyon bunların başlıcalarıdır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik; kaza; epidermis; elektrik hasarı; yanıklar

Abstract

Electricity is very common today in houses and industry. The fatal incidents encountered at homes or in industry are mostly due to accidents. The zones frequently receiving the current are hands, head while the zones frequently discharging the current are arms and hands. A careful external examination is a must in order to find out entry and exit lesion. In the event of suspicious sudden deaths, the most important part of the investigation is finding out the lesion which form at the point where the current first enters. At the point of contact of the current on the body, the skin lesions so called "Joule burns" are observed. Since, in electric shocks, the internal organ findings observed in autopsy are not specific, observation of skin lesions and pathologic examination of the tissue extracted from this region could be of assistance for diagnosis. Many supportive morphological changes were defined in order to diagnose electric injuries on skin like epidermal coagulation necrosis, nuclear streaming, palizading, pycnosis, dermal homogenization.

Key Words: Electricity; accidents; epidermis; electric injuries; burns

Türkiye Klinikleri J Foren Med 2007, 4:68-68-73

Evlerimizi aydınlatan, araçlarımızı çalıştıran, günlük hayatımızda büyük kolaylıklar sağlayan elektrik enerjisinin, karanlık, ürkütücü bir yanı vardır. Yapay elektrik enerjisinin icadından bu yana elektriğin kullanım alanı giderek genişlemekte, neden olduğu yaralanma ve ölümlerde de artış görülmektedir. Elektrik akımı "yükü partiküllerin yüksek basınçlı pozitif kutuptan alçak basınçlı negatif kutuba hareketi" olarak tanımlan-

maktadır.¹ Elektrik çarpması ise bir elektrik kaynağı ile temas sonucu elektrik akımının vücuttan geçmesi ile meydana gelen yaralanma veya ölümü tanımlamaktadır.^{2,3}

Birçok faktör elektrik akımı lezyonların oluşumunu ve şiddetini etkileyebilmektedir; bunlar elektrik devresinin tamamlanıp tamamlanmaması, akımın gerilimi, elektrik akımının cinsi, akımın şiddeti, akımın vücutta izlediği yol, vücuttan geçtiği süre ve vücut dokularının direncidir.⁴⁻⁹ Adli tıpta elektrik akımı ile ölüm genellikle 110-380 volt arasında görülür çünkü bu, evlerde ve endüstride kullanılan voltaj aralığıdır.¹⁰

Elektrik çarpmasına bağlı ölümlerde olayın orijini çoğu zaman kazadır. İntihar nadir, cinayet ise daha da nadir görülür.^{11,12}

Geliş Tarihi/Received: 16.11.2006 Kabul Tarihi/Accepted: 17.04.2007

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Elif Ülker AKYILDIZ
Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu,
İSTANBUL
ulker33@yahoo.com

Copyright © 2007 by Türkiye Klinikleri

İnsan vücudundan geçen elektrik akımı en sık ventriküler fibrilasyona neden olarak ölüme yol açar. Diğer ölüm mekanizmaları; solunum kaslarının spazmı, baş bölgesinden geçen akımlarda beyin sapında solunum ve dolaşım merkezlerinin felci, termal yanığın neden olduğu hipovolemik şok, septik şok, geç dönemde böbrek yetmezliği gibi komplikasyonlar ve elektrik akımına kapılarak yüksekten düşme ya da savrulma sonucu meydana gelen travmadır.^{7,13,14}

Elektriğin yaralanma veya ölüme neden olması için akımın bir noktadan diğer noktaya geçerken vücudu kat etmesi yani vücudun tamamlanan elektrik devresinin bir parçası olması gerekir.³ Akım genellikle bir elden girer (elektrikli aleti tutan elden) ve bir çıkış noktasından vücudu terk eder.⁷ Akımın en sık girdiği bölgeler eller ve baş, vücudu en sık terk ettiği yerler ayaklar, bacaklar ve ellerdir.^{8,15} Giriş ve çıkış lezyonlarının bulunması için dikkatli bir dış muayene şarttır. Şüpheli ani ölümlerde araştırmanın en önemli kısmı, elektrik taşıyan iletici ile temas sonucunda oluşan elektrik akımı giriş lezyonunun saptanmasıdır.¹⁶ Lezyonu araştırırken rigor mortis nedeni ile güçlü şekilde fleksiyon durumuna gelen ekstremiteler düz hale getirilmeli ve özellikle parmaklar dikkatle incelenmelidir.

Elektrik çarpmasında otopside izlenen iç organ bulguları spesifik olmadığından deri lezyonunun görülmesi ve bu alandan alınan dokusunun patolojik incelemesi tanıyı koyduracaktır.¹⁴

Elektriğe Bağlı Deri Lezyonlarında Makroskopik Bulgular

Elektrik akımına en dirençli dokulardan biri olan deride eğer amper yeterli ise hemen daima lezyon izlenir. Bu lezyona “elektrik yanığı” ya da “Joule yanığı” adı verilir.^{7,14} Banyoda ya da yüzme havuzunda görülen elektrik çarpmalarında %40 olguda deride lezyon izlenmemektedir, bunun nedeni elektrik akımının geniş bir yüzeyden vücuda girmesi ve derinin ıslak olması nedeni ile direncin düşük olmasıdır. Ayrıca su, deri ısısının yükselmesini engeller.^{6,7,17,18}

Tipik elektrik akım izi yuvarlak, oval veya uzunlamasına bir krater şeklindedir. Kraterin tabanı

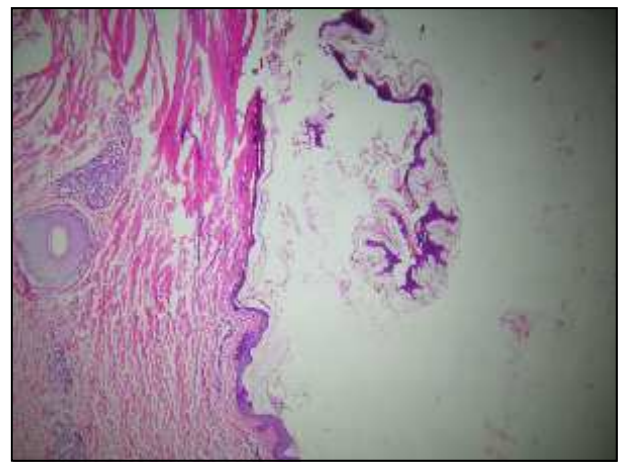
genellikle soluk veya koyu kahverenkli.^{17,19,20} Sıkı temasta elektrik akımı yüksek dirençli deriden geçerken doku sıvılarının ısısı yükselir ve buhar oluşur, bunun sonucunda epidermis tabakaları ya da epidermis-dermis ayrışması sonucu blister meydana gelir, akım kesilince blister çöker.⁷ Çökük olan bu alanın etrafında soluk bir halka ve bu alanın etrafında da hiperemik bir bölge bulunmaktadır. Soluk alan elektrik akımının arteriol duvarlarında meydana getirdiği kasılma sonucu oluşmaktadır. Bazı durumlarda elektrik giriş lezyonu, etrafında soluk ya da hiperemik alan izlenmeyen küçük beyaz blister şeklinde de görülebilmektedir.^{7,17,19,21}

Şüpheli bir elektrik akımı lezyonu tespit edildiğinde elektrik akımına bağlı olup olmadığının belirlenebilmesi için bu alan histopatolojik inceleme için örneklenir.

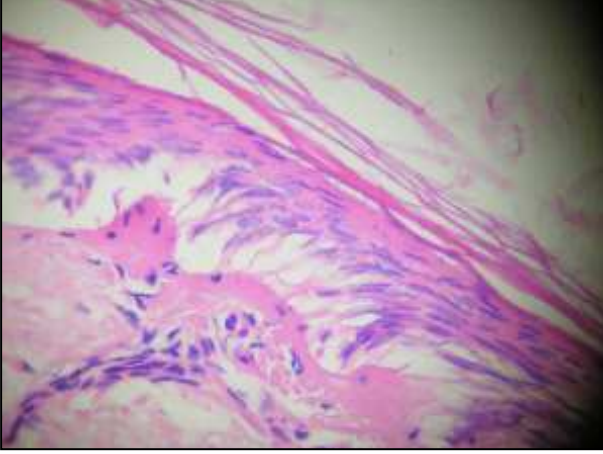
Elektriğe Bağlı Deri Lezyonlarında Işık Mikroskobu Bulguları

Elektrik lezyonlarının tanısı için yararlı olduğu düşünülen bir çok morfolojik kriter tanımlanmıştır. Elektrik akımı lezyonlarının mikroskopik incelemesinde izlenen başlıca morfolojik bulgular şu şekildedir:^{7,22-25}

a) Normal ve lezyonlu deri arasında sınırın keskin olması dikkat çekicidir (Resim 1).



Resim 1. Resmin üst kısmında elektrik lezyonu, alt kısmında çevre deri ve aradaki keskin sınır (HEx100).



Resim 2. Elektrik lezyonunda subepidermal alanda (epidermis-dermis arasında) ayrışma (HEx200)

b) Epidermis içinde ayrışmalar, mikrovezikül oluşumu ve epidermin dermal papillalardan ayrışması sık görülen değişikliklerdir (Resim 2). Epidermis içinde veya dermoepidermal bileşkede görülen bu ayrışmaların nedeni buharlaşan doku sıvılarının oluşturduğu gazın hücreleri ayırmasıdır.

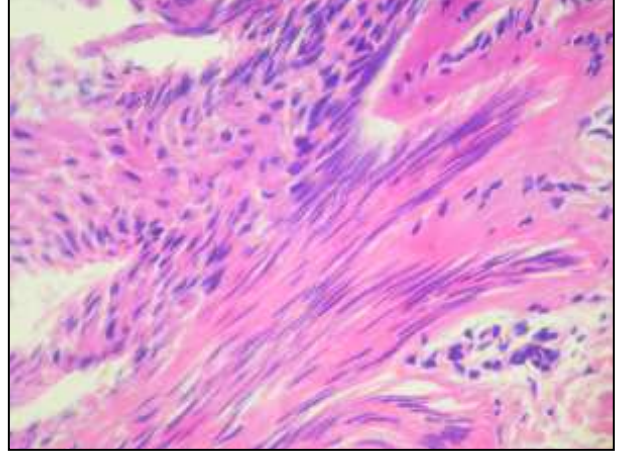
c) Isı artışı çok fazla ise tüm epidermisi tutan koagülasyon nekrozu meydana gelir.

d) Nekrozun kenarında epidermal hücre çekirdeklerinde uzama (elongasyon, streaming), piknoz, paralel demetler halinde dizilme (palizadlanma, nükleer streaming) şeklinde değişiklikler görülür (Resim 3). Bu değişiklikler başta kıl follikülü olmak üzere deri eklerinde de izlenir. Elong çekirdekler sarmal, spiral, halka, palizad, öbek şeklinde morfolojik varyasyonlar gösterebilirler.

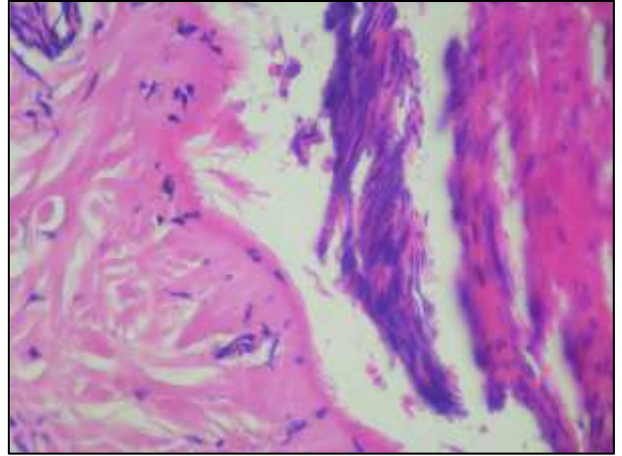
e) Dermisde kollajen liflerde şişme, koagülasyon nekrozu nedeni ile oluşan homojenizasyon, damarlarda trombüs oluşumu görülebilir. Kollajen lifler arasında normalde izlenen boşluklar kaybolmuştur (Resim 4).

f) Elektrik akımı lezyonlarında epidermal hücrelerin, kıl follikülü epitelinin ve endotel hücrelerinin çekirdeklerinde koyu boyanma izlenir.

Elektrik lezyonlarının histopatolojik incelemesinde kullanılan kriterler arasında en çok epidermisde hücre çekirdeklerinde elongasyon üzerinde durulmaktadır.^{7,24-26} Özellikle elektrik



Resim 3. Elektrik lezyonunda epidermal hücre çekirdeklerinde incelme, uzama, paralel demetler halinde dizilme (HEx200).



Resim 4. Epidermis-dermis arasında ayrışma, dermisde homojenizasyon (HEx200).

çarpması olgularıyla ilk karşılaşılan dönemlerde birbirine paralel olarak dizilmiş piknotik ve uzamış görünümdeki bu nükleusların elektrik enerjisinin elektromagnetik etkisi ile oluştuğu ve akım yönüne paralel şekilde dizildikleri görüşü taraftar bulmaktaydı.^{24,25} Ancak günümüzde epidermal nükleer elongasyonun elektrik akım lezyonu tanısında kullanılması konusunda tartışmalar mevcuttur çünkü benzer nükleer elongasyonlar ısı yanıkları, künt dermal yaralanmalar, koterizasyon, kuruma, donma ve barbiturat zehirlenmelerde görülen blisterlerin kenarlarında da görülebilmektedir.²³ Nükleer elongasyonun mekanizmasını araştırmak için Takamiya ve ark.²⁵ farelerin sırtlarına 100

voltluk elektrik enerjisi, ısı enerjisi ve bası uygulanmışlardır. Bu çalışmada alınan deri örneklerinin rutin boyama yöntemleri ile incelemesinde elektrik akımı lezyonlarında epidermiste incelleme, epidermal hücrelerde bazal membrana paralel seyreden nükleer elongasyon, dermiste homojenizasyon izlemişler, dermiste kollajen lifler arasında normalde görülen boşlukların kaybolduğunu görmüşlerdir. Isı lezyonlarının da hemen tamamında epidermal hücre çekirdeklerinde elongasyon saptanmışlardır. Kontüzyonda ise alınan örneklerde hücre çekirdeklerinde elongasyon izlenmekle birlikte bunun epidermis derinliği ile ters korelasyon gösterdiği görülmüştür. Sonuçta elektrik, yanık ve kontüzyon tipi deri yaralanmalarında izlenen epidermal elongasyonun termal hasarın bulgusu olduğu sonucuna varmışlardır.

Epidermal nükleer elongasyonun ısı ile ödemli hale gelen dermisen epidermisi yukarı doğru basıya uğratması sonucu epidermis kalınlığının azalması ve çekirdeklerin düzleşmesi ile meydana geldiği yani ödemli dermisen mekanik etki ile epidermal nükleer elongasyona neden olduğu ileri sürülmektedir.²⁷

Özellikle insan hakları ihlallerinin yaşandığı ülkelerde elektrik işkencesi sekellerini ortaya çıkarabilecek tanı metodları üzerinde deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Adli tıp alanında çalışan kişiler kaza, intihar ya da cinayet orijinli elektrik çarpması sonucu ölümlerin yanı sıra işkence kurbanları ile de karşılaşabilmektedir. Elektrik işkencesinin sekellerini saptayabilmek amacı ile yapılan çalışmalarda domuzlarda deriye elektrik enerjisi vermiş, deri örnekleri ışık mikroskopunda ve elektron mikroskopunda incelenmiştir.^{21,28-30} Tüm bu çalışmalarda elde edilen ışık ve elektron mikroskobu bulgularını şu şekilde özetlemek mümkündür:

a) Işık mikroskopunda yüzeyde kromatininde sarı renkli ve kümelenmiş görünüm izlenmiştir. Elektron mikroskopik incelemede stratum korneumun yüzeyinde kümelenmiş keratinin elektron dense bir materyal ile yer değiştirdiği izlenmiştir. Bu bulgu, bu alanda direncin yüksek olması nedeni ile yüksek ısı üretiminin meydana geldiği, bu ısı artışının karbonizasyona veya metal depolanmasına neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

b) Bazı epidermal hücrelerde, ilk saatlerden sonra izlenen “beyaz nekroz” diye adlandırılan bir değişiklik saptanmıştır. Bu hücrelerde kromatin koyu renkli veya duman görünümünde iken sitoplazma beyaz renklidir.

c) Bazı epidermal hücrelerde çekirdekte veziküler görünüm saptanmıştır. Bunlar çekirdeklerinde büyük kromatin kümelerine sahip, sitoplazmaları eosinofilik görünümde olan hücrelerdir. Elektron mikroskopunda bu hücrelerin çekirdeklerinde kondanse kümelenme gösteren kromatin izlenmiş olup çekirdeğin diğer alanlarında sadece ince fibriller bir ağ mevcuttur.

d) Kıl kökleri, ter bezleri ve damar duvarlarında hücrelerde nekroz bulunduğu halde komşu dermiste nekroz görülmeyebilmektedir.

e) Işık mikroskopunda sitoplazma homojen görünümündedir. Elektron mikroskopunda aslında bu hücrelerin sitoplazmasının ince granüler görünümde olduğu izlenmiştir.

Elektrik Akımına Bağlı Deri Lezyonlarının Mekanizması

Elektrik yaralanmalarının patofizyolojik özellikleri düşünüldüğünden daha karmaşıktır. Elektrik akımına bağlı morfolojik değişikliklerin oluşumu ile ilgili iki farklı görüş bulunmaktadır.³¹⁻³³

Birinci görüş elektrik giriş lezyonundaki değişikliklerin elektrik akımı sonucu gelişen ısı nedeniyle oluştuğunu ileri sürmektedir. Diğer bir görüş ise elektrik akımının ısı etkisinin yanı sıra histopatolojik olarak saptanabilen başka değişikliklere de neden olduğu fikrini savunmaktadır. Bu görüşe göre deride elektrik hasarı “termal hasar” ve “elektroporasyon hasarı” olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır:

- Termal doku hasarının nedeni akımın geçtiği yolda meydana gelen ısı üretimidir. Bu bölgede artan ısı ile birlikte moleküler hız, dolayısı ile moleküler çarpışma sıklığı artmaktadır. Çarpışan moleküllerin arasında enerji transferinin artması moleküler hızı daha da arttırır. Isı yeterince yükselince proteinler, fosfolipidler gibi hücre membran komponentlerinde hasar meydana gelir.

- Elektroporasyon hasarında ise elektrik akımı dokudan geçtiği zaman elektrik akımının iyonik solusyonlardan geçmesi ile dokuda elektroliz meydana gelmektedir. Hücrelerde elektrik yüklü moleküllerin dağılımı ve membran potansiyelleri değişir. Elektroporasyon hasarı elektrik akımının dokuda bulunan yüklü partiküllere direkt etkisi ile meydana gelir. Hücre sitoplazması ve interstisyel alan iletken özellikte olup bu iki ortam birbirine benzer iyon yapısına sahiptir ancak hücre membranının iletkenliği bu ikisine nazaran düşüktür, bu nedenle sitoplazma içinde voltaj düşük olmaktadır. Hücre membranında “transmembran potansiyel fark” büyük değerlere ulaştığında membranda protein denaturasyonuna bağlı porlar meydana gelir.^{31,34}

Elektrik akımının deride meydana getirdiği lezyonu kesin tanımlamak için sayılan bir çok histopatolojik bulguyu aramamız gerekir. Bazı bulguların subjektif olabileceği açıktır. Xu ve ark. derinin patolojik incelemesine objektifliği sağlamak amacı ile bu lezyonları “bilgisayarlı görüntü analizi” (computerized image analysis) yöntemi ile incelemiştir.²⁷ Bu sistem ışık mikroskopu, buna bağlı bir dijital video kamera, elde edilen görüntüyü bilgisayarda işlemeye elverişli hale getiren yüksek çözünürlüğe sahip bilgisayar sistemi ve çalışma için uygun yazılımdan oluşmakta ve hücrelerin uzunluk, çap, çevre, koyuluk derecesi gibi bir çok morfolojik özelliklerini değerlendirebilmektedir. Tüm bu ölçümler morfometri olarak adlandırılır.³⁵ Xu ve ark.²⁷ elektrik lezyonu kesiti ile normal deri kesitini CIA yöntemi ile morfometrik açıdan karşılaştırarak elektrik lezyonları için objektif ve kantitatif bir indeks oluşturmaya çalışmışlardır. Bu çalışmada elektrik çarpması ile ölen 11 otopsi olgusundan ve 10 kontrol olgusundan alınan deri örneklerinin kesitlerinde, her olguda sınırları seçilebilen 10 hücrenin uzun eksen ve kısa eksenini ölçülmüş ve uzun eksenin kısa eksene oranı saptanmıştır. Aynı işlem kıl kökü epiteline ve kapiller endotel hücrelerine de uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda epitelyal bazal hücrelerin uzun/kısa eksenlerinin oranları açısından elektrik lezyonu ile normal deri arasında anlamlı fark bulunmuş, elektrik lezyonunda bu oran 5.9325 iken normal deride 1.4344 olarak hesaplanmıştır. Kıl folikülü hücrele-

rinde de sonuçlar anlamlı iken kapiller endotel hücrelerinde anlamlı fark bulunmamıştır. Bu çalışmada şu sonuçlar vurgulanmıştır:

1- Normal deri ile elektrik akımı ile hasarlanmış deri arasında epitel bazal hücre çekirdekleri ve kıl follikülü hücre çekirdeklerinde uzun/kısa eksen oranında belirgin farklılık mevcuttur.

2- Bu farkın temelinde kısa eksenin farklı olması yatmaktadır. Bu nedenle çekirdeğin elonge değil incelmış olarak tarif edilmesi daha doğru olacaktır.

3- Epidermis bazal hücrelerinin ve kıl follikülü hücrelerinin uzun eksen/kısa eksen oranı elektrik lezyonunu tanımda objektif standart olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak elektrik çarpması sonucu öldüğü düşünülen bir olguda dikkatli bir dış muayene ile deri lezyonunun saptanması ve bu alanın histolojik incelemesi büyük önem taşımaktadır. Işık mikroskopunda;

- epidermis içinde veya epidermis –dermis arasında ayrışma
- epidermal hücre çekirdeklerinde incelmeye uzama ve yan yana dizilme, hiperkromatizm
- dermiste homojenizasyon
- deri ekleri hücrelerinde incelmeye ve uzama
- etkilenmiş bir deri ekinin hemen komşuluğunda etkilenmemiş kollajen liflerin saptanması.

ışık mikroskopunda aramamız gereken temel özelliklerdir.

KAYNAKLAR

1. Eraslan N. Teknik elektrik. İstanbul:Birsen Kitabevi Yayınları;1984.p.1-30.
2. Gök Ş, Soysal Z. Elektrik akımlarının canlı organizmada meydana getirdiği lezyonlar ve bu lezyonların adli tıp açısından değerlendirilmesi. İstanbul: İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları;1983.p.6-28.
3. Soysal Z, Çakalır C. Adli Tıp. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları;1999.p.607-767.
4. Edlich RF, Farinholt HM, Winters KL, Britt LD, Long WB 3rd. Modern concepts of treatment and prevention of electrical burns. J Long Term Eff Med Implants 2005;15:511-32.

5. Polat O, İnanıcı MA, Aksoy ME. Adli Tıp Ders Kitabı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi;1997.p.144-67.
6. DiMaio DJ, DiMaio VJM. Forensic Pathology. New York: Elsevier; 1993.p.367-76.
7. Saukko P, Knight B. Knight 's Forensic Pathology . 3th ed. London: Edward Arnold; 2004.p.326-38.
8. Duff K, McCaffrey RJ. Electrical injury and lightning injury: a review of their mechanisms and neuropsychological, psychiatric and neurological sequelae. Neuropsychology review 2001; 11: 101-16.
9. Electrical injuries. http://www.merck.com/mrkshared/mmanual_home/sec24/278.jsp 10/9/2003.
10. Peng Z, Shikui C. Study on electrocution death by low-voltage. For Sci Int 1995; 76: 115-19.
11. Fedakar R, Türkmen N, Eren B, Akan O, Saka E. Elektrik akımı ile intihar , Olgu sunumu Adli Tıp Bülteni 2004; 9: 87-90.
12. Bligh-Glover WZ, Miller FP, Balraj EK. Two cases of suicidal electrocution. Am J Forensic Med Pathol 2004; 25:255-8.
13. Silver MD. Cardiovascular Pathology, Second Ed. New York: Churchill Livingstone; 1996.
14. Aksoy ME. Elektrik Akımlarının Meydana Getirdiği Yaralanmalar. İstanbul 2004.
15. Grossman AR, Tempereau CE, Brones MF, Kulber HS, Pembrok LJ. Auditory and neuropsychiatric behavior patterns after electrical injury. Journal of burn care and rehabilitation 1993; 14:169-75.
16. DeBono R..A histological analysis of a high voltage electric current injury to an upper Limb. Burns 1999;25:541-7.
17. Soysal Z, Eke SM, Çağdır AS. Adli Otopsi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları;1999.p.823-26.
18. Goodson ME. Electrically induced deaths involving water immersion. Am J Forensic Med Pathol 1993; 14: 330-3.
19. Şirin G. Postmortem elektrik lezyonlarının histopatolojik incelenmesi. ATK Uzmanlık Tezi, İstanbul 2004.
20. Günaydın U. Elektrik akımlarının neden olduğu lezyonlarında makroskopik ve ışık mikroskopisi bulgularının uyumluluğu. ATK Uzmanlık Tezi, İstanbul 2002.
21. Thomsen HK, Danielsen L, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karlsmark T, Genefke IK, Christoffersen P. Epidermal changes in heat and electrically injured pig skin. A light microscopic study of the influence of heat energy intensity and electrical current frequency. Acta Pathol Microbiol Immunol Scand 1983;91:297-306.
22. Al-Alousi LM. Homicide by electrocution. Med Sci Law. 1990;30:239-46.
23. Lever WF, Lever GS. Histopathology of the Skin. 7th ed. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1990. p.245.
24. Wrigt RK, Ganther GE. Electrical injuries and lightning. In: Froede R, ed. Handbook of Forensic Patology. College of American Pathologist U.S.A; 1990.p.150-57.
25. 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.
26. Montgomery H. Dermatopathology. New York: Harper and Row; 1967.p. 229.
27. X, Xu H, Zhu J, Deng P. A preliminary study of skin electrical injury with computerized image analysis. Forensic Sci Int 1995;73:197-202.
28. Danielsen L, Thomsen HK, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karlsmark T, Genefke IK: Electrical and thermal injuries in pig skin-evaluated and compared by light microscopy. For Sci Int 1978; 12: 211-25.
29. Thomsen HK, Danielsen L, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karlsmark T, Genefke IK, Christoffersen P. Epidermal changes in heat and electrically injured pig skin: a light microscopic study of the sequences in morphology. Acta Pathol Microbiol Immunol Scand 1982;90:327-32.
30. Thomsen HK, Danielsen L, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karlsmark T, Genefke IK, Christoffersen P. Early epidermal changes in heat- and electrically injured pig skin. II. An electron microscopic study. Forensic Sci Int 1981;17:145-52.
31. Lee RC, Astumian RD. The physicochemical basis for thermal and non-thermal 'burn' injuries. Burns 1996; 22:509-19.
32. Nagao S, Stroud JD, Hamada T, Pinkus H, Birmingham DJ. The effect of sodium hydroxide and hydrochloric acid on human epidermis. An electronmicroscopic study. Acta Derm Venereol 1972;52:11-23.
33. Torre C, Varetto L. Dermal surface in electric and thermal injuries. Observations by scanning electron microscopy The am Journal of Forensic medicine and pathology 1986; 77:151-8.
34. Lee RC, Kolodney MS. Electrical injury mechanisms: electrical breakdown of cell membranes. Plast Reconstr Surg 1987; 80: 672-79.
35. Celasun B. Nicel patoloji ve telepatoloji. www.patoloji.gen.tr/sitehakkinda.htm. (erişim 13.11.06)