

ELEKTRİK AKIMLARININ NEDEN OLDUĞU YARALANMALAR

The injuries caused by electrical currents

M.Ercüment Aksoy*

Aksoy ME. Elektrik Akımlarının Neden Olduğu Yaralanmalar. Adli Tıp Bülteni 1997; 2(1): 25-34.

ÖZET

Elektrik akımları enerji kaynağı olarak gittikçe artan oranlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik akımlarının dokulardan geçmesi deri lezyonlarına, organ hasarlarına ve ölüme neden olabilmektedir.

Elektrik akımlarının etkileri devrenin kapalı olup olması, akım tipi, voltaj, amper, dokuların direnci, zaman ve akım yolu gibi bir çok faktör ile ilişkilidir.

Elektrik çarpmalarında ölüm mekanizması ventriküler fibrilasyon, solunum kasları spazmı, solunum ve kardiyak merkezlerin felci ve termal yanıklardır.

Uygun tanı için tam bir otopsi yapılmalıdır. Elektrik akımı lezyonları öncelikle makroskobik olarak sonra da histopatolojik olarak ışık mikroskobu ile incelenmelidir. Elektrik akımlarının herkes tarafından kabul görmüş patognomonik mikroskobik özellikleri bulunmamaktadır, fakat ışık mikroskobisi halen en geçerli inceleme yöntemidir. Bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik yaralanmaları, Yaralar, Termal lezyonlar

SUMMARY

Electric currents are used with increasing frequency as an energy source. The passage of electrical current through tissues can cause skin lesions, organ damage and death.

The effects of electrical current are related to a number of factors which are the presence of a closed circuit, type of current, voltage, amperage, resistance of tissues, time and path of current.

The mode of death in electrocution is ventricular fibrillation, spasm of respiratory muscles, paralysis of respiration and cardiac centers and thermal burns.

A thorough autopsy should be performed for an accurate diagnosis. The electrical lesions must be firstly investigated macroscopically, then histopathologically with a light mic-

roscope. There seems to be no universally accepted pathognomonic microscopic features of an electrical lesion, but light microscopic examination is still the best convenient method. Further investigations are needed on this subject.

Keywords: Electrical injuries, Wounds, Thermal lesions.

GİRİŞ

Elektrik enerjisi geçen yüzyılın ortalarından itibaren hızla artan bir oranda kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak endüstrileşme ve evlerde elektrik enerjisinin kullanımı sonucu elektrik akımı ile meydana gelen kazalar da görülmeye başlamıştır. Elektrik akımına bağlı ilk ölüm 1879 yılında bildirilmiştir (1).

Elektrik akımına bağlı yaralanmaların büyük çoğunluğunu evlerde ve işyerlerinde meydana gelen kazalar oluşturmaktadır. Bu yaralanmalar gerçek tanının konulabilmesi, başka kişilerin de yaralanmaması, koruyucu önlemlerin alınması ve tazminat ödenmesi açısından önemlidir. Böyle bir olguda tanının konulması işyerlerinde, hastanelerde ve evlerde ek güvenlik önlemlerinin alınmasının birinci basamağını oluşturmaktadır.

Elektrik akımlarının genel özellikleri

Elektrik çarpması, elektrik akımının vücuttan geçecek şekilde kişinin bir elektrik kaynağı ile teması sonucu yaralanmasını veya ölümünü tanımlamaktadır. Bu olgularda, ölüm nedenleri ve elektrik akımının dokulardan geçmesi ile meydana gelen lezyonlar çok fazla değişkenlik göstermekte ve bir çok faktör bu lezyonların şiddetini ve oluşumunu etkileyebilmektedir. Bu faktörleri şu şekilde sayabiliriz; 1- Elektrik devresinin tamamlanıp tamamlanmadığı. 2- Akımın gerilimi (Voltaj V.). 3- Elektrik akımının cinsi (AC, DC). 4- Akı-

* Yrd.Doç.Dr., Marmara Üniv. Tıp Fak. Adli Tıp Anabilim Dalı
Geliş Tarihi: 28.03.1997 Kabul Tarihi: 20.06.1997

mın şiddeti (Amper). 5- Akımın geçtiği yol. 6- Akımın dokulardan geçtiği süre. 7- Vücut dokularının direnci.

1- Elektrik devresinin tamamlanıp tamamlanmadığı

Bir elektrik akımının vücut üzerinde etkili olabilmesi için elektrik akım devresinin tamamlanmış olması gerekmektedir (2). Bu da bir elektrik akımı uygulandığında elektron akışı olabilmesine bağlıdır. Eğer akım vücuda bir bölgeden girip bir başka bölgeden çıkamıyorsa dokularda hiçbir yaralanma ve sonuçta da ölüm meydana gelmemektedir (2).

2- Akımın gerilimi (Voltaj V.)

Voltaj, elektrik akımının gerilimini ifade eder. Voltaj, amper ve Ohm değerleri arasındaki bağlantı şöyle formüle edilebilir: Volt = Amper x Ohm. Diğer bir ifade ile Amper = Volt / Ohm (3).

3- Elektrik akımının cinsi (Alternatif Akımlar AC, Doğru Akım DC)

Alternatif akımlar (AC) evlerde ve sanayide kullanılan şebeke akımlarıdır. Bu tip akımlar doğru akımlardan (DC) daha tehlikelidirler (4).

Doğru akım ise bir aküden, pilden veya bir transformator ile alternatif akımlardan elde edilmektedir. Doğru akımlarda pozitif ve negatif kutuplar bulunmaktadır. Elektrik akımı negatif kutuptan pozitif kutuba doğru akmaktadır. Ve genel olarak doğru akımlar daha az tehlikelidir.

Alternatif akımların tehlikeli olmasının sebebi, daha sık olarak kardiak aritmilere neden olmasıdır. Aynı zamanda meduller kalp ve solunum merkezleri alternatif akımlara daha hassastırlar (5). 100 miliamperlik (mA) alternatif akım saniyenin beşte biri kadar kısa bir sürede ventriküler fibrilasyona ve kalp durması-

na neden olabilmektedir. Bunun yanında 250 mA DC akım aynı sürede genellikle ölüme neden olmamaktadır (3).

4- Akımın şiddeti (Amper)

Bir birim zamanda geçen elektronların sayısı "akım şiddeti"ni oluşturur ve hacim olarak da nitelendirilebilmektedir. Bunun ölçü birimi Amperdir (3). 1 Amper = 1000 Mili Amper.

Vücuttan geçen akımın şiddeti amper ile ölçülmektedir. Böylece karşılaştırmalı sonuçlar daha kolay yapılabilmektedir. Amper = Volt/Direnç formülü ile hesaplanmaktadır (3). Direnç ne kadar fazla ise geçen akımda o kadar az olmaktadır (6). Dokuların elektrik akımına bir direnci bulunmaktadır. Direnç arttığı oranda ise amper azalmaktadır, yani tehlike de azalmaktadır (3).

Genel olarak 50-80 miliAmperlik bir akımın bir kaç saniye süre ile kalp üzerinden geçmesinin ölüme neden olacağı kabul edilmektedir (3). Diğer bir kaynaktan ise bu değer 70-80 miliAmper olarak belirtilmektedir (7). Kişilerin kendi istekleri ile elektrik akımına maruz kaldıkları deneylerde, 30 miliAmpere kadar dayanabildikleri görülmüştür. Bu amperdeki bir akım ağırlı kas spazmlarına yol açmaktadır. 40 miliAmperde bilinç kaybolmakta ve 50-80 miliAmper düzeyinde ise ölüm tehlikesi başlamaktadır (3).

Bir kaynaktan 60-HZ'lik akımın insan üzerindeki etkileri aşağıdaki şekilde özetlenmiştir: Tablo 1 (8).

5- Akımın vücutta izlediği yol

Akım yolu üzerinde sinir uyarım merkezlerinin bulunması bu merkezlerin fonksiyonlarını etkilemektedir. Akımın baş bölgesinden girerek beyinden geçtiği olgularda, medulladaki kardiak ve solunum merkezlerinin fonksiyonu olumsuz etkilenmektedir. Aynı akı-

Tablo 1

	1 Miliamper ve altı	Hissedilmez. Algılama eşigidir.
GÜVENLİ AKIM DEĞERLERİ	1-8 Miliamper	Ağrısız şok. Kas kontrolü kaybolmadığı için obje bırakılır.(5 Miliamper zararsız maksimum akım olarak kabul edilmektedir)
	8-15 Miliamper	Ağrılı şok. Kas kontrolü kaybolmadığı için tutulan obje bırakılır.
GÜVENSİZ AKIM DEĞERLERİ	15-20 Miliamper	Ağrılı şok. Kas kontrolü kaybolmuştur
	20-50 Miliamper	Ağrılı ciddi kas spazmları. Solunum zorluğu.
	100-200 Miliamper	VENTRİKÜLER FİBRİLASYON
	200 mili Amper ve üstü	Ciddi yanıklar. Ciddi kas kasılmaları

mın bir bacadan girip diğer bacadan çıkmasının doku hasarına neden olduğu, ancak genellikle ölüme yol açmadığı belirtilmektedir (9).

6- Akımın dokulardan geçtiği süre

Akımın dokulardan geçtiği sürenin uzaması ölüm olasılığını arttırmaktadır. Süre uzadıkça tehlikesiz kabul edilen 12 Volt gibi düşük akımlarda da ölümler görülebilmektedir. Aynı şekilde daha yüksek voltajlarda artan süre ile birlikte termal yanıkların şiddeti artmaktadır.

7- Vücut dokularının direnci

Direnç, elektrik akımının geçmesine karşı olan gücü göstermektedir ve Ohm ile ölçülmektedir. İnsan vücudunun direnci ortalama 500 ile bir kaç bin Ohm arasında değişmektedir (10). İnsan vücudunda elektrik akımına en fazla direnç gösteren doku deri ve kemiklerdir (9). Bu yüzden elektrik akımının giriş ve çıkışlarında genellikle sadece deride lezyonlar bulunmaktadır. Derinin yüksek direnci elektrik akımının bir kısmının ısı enerjisine dönmesine neden olmaktadır. Elektrik akımı bir kere deriden geçtikten sonra hemen deri altındaki elektrolitten zengin, dolayısıyla elektriği iyi ileten kan ve diğer yumuşak dokular üzerinden kolayca akmaktadır. Bu sebepten dolayı deri dışındaki dokularda deriye oranla daha az şiddette lezyonlar görülmektedir. Derinin direnci ise keratinize epitelin kalınlığı ile orantılıdır.

Diğer bir faktör de derinin kuruluşu veya nemliliğidir. Kuru avuç içi derisinin direnci 1 Mega Ohm iken aynı derinin ıslak olması durumunda direnç 1200 Ohm'a kadar düşebilmektedir (3,11).

Post-mortem dönemde kan dolaşımının durması ve dokuların sıvı ve elektrolit yapısının değişmesi nedeniyle, delillerin değerlendirilmesi ve olayın açıklanması amacıyla deri direncinin post-mortem dönemde ölçülmesinin fazla bir yararı olmadığı bildirilmiştir (12). Post-mortem yapılan deri direnci ölçümleri, ante-mortem deri direncinden yüksek bulunmakta ve ante-mortem değerler konusunda bir fikir vermemektedir. Bu sebeplerden dolayı otopside deri direncinin ölçülmesi ile muhtemel veya tahmini amperin bulunması mümkün olmamaktadır.

Elektrik akımlarının kaslar üzerine etkisi

Elektrik akımlarının kaslar üzerindeki önemli bir etkisi de kaslarda spazma neden olmasıdır. 50 Hertzlik 10-40 miliamper arasındaki akımlar iskelet kaslarında tetanik spazma neden olmaktadır (3,5). Bu etki, akımın elden girmesi durumunda fleksör kas gruplarının daha güçlü olması nedeniyle elin kapanmasına ve avuç içindekinin sıkıca kavranmasına sebep olmaktadır. Elde tutulan alet veya tel istense de bırakılmamakta ve elektrik devresi bu şekilde kapalı kalmaktadır. Deri yanıkları ve kardiyak komplikasyon olasılığı, artan süreyle birlikte yükselmektedir (2).

220 Volt 50 Hertzlik şebeke cereyanı, erkeklerde 9

miliAmper, kadınlarda 6 miliamperin üzerindeki akımların kas spazmı ile avuç içindeki objenin sıkıca kavranmasına neden olduğu bildirilmiştir (4).

Elektrik akımına bağlı yaralar ve ölüm mekanizmaları

İnsan vücudundan elektrik akımı geçmesi sonucunda bir kaç mekanizma ile ölüm görülmektedir. Bu mekanizmalar şunlardır: a- Ventriküler fibrilasyon, b- Solunum kasları spazmı, c- Solunum ve kardiyak merkezlerin felci, d- Termal yanıklar.

a- Ventriküler fibrilasyon

Elektrik akımına bağlı ölümlerin büyük çoğunluğu doğrudan elektrik enerjisinin kendisi ile olmaktadır. 110-220 Volt alternatif akım elektrik çarpmalarında ölüm çoğunlukla ventriküler fibrilasyon sonucunda meydana gelmektedir (2). Akım, miyokard sinsitiyumunda etkili olmakta ve iletim sistemi bozulmaktadır. Kardiyak aritmi ve bunu takiben de fibrilasyon görülmektedir (3). Bu fibrilasyon da kardiyak arrest ile sonlanmaktadır.

Belirli amperdeki akımların kalpte fibrilasyon yapma özelliği daha fazla olduğu ifade edilmektedir (3). 70 miliamperlik bir akımın 5 saniye süre kalp üzerinden geçmesinin fibrilasyona neden olabileceği bildirilmektedir (3). Bunun yanında deri direncinin tamamen ortadan kalktığı durumlarda çok daha az amperdeki akımlar da fibrilasyona yol açabilmektedir. Örneğin bir intrakardiyak kateter uygulamasında 100 mikro amperlik bir akımın kateter üzerinden kalpte etkili olması durumunda fibrilasyon görülebileceği bildirilmiştir (4). Bu açıdan hastanede kullanılan aletlerin elektrik devrelerinin periyodik kontrollerinin yapılmasına dikkat edilmelidir.

b- Solunum kasları spazmı

Tüm elektrik kazalarının içinde daha az sıklıkta ise akımın göğüs ve batından geçtiği olgular görülmektedir. Bu olgularda diyafram ve interkostal kaslardaki spazm solunum felcine neden olmaktadır (3,12). Solunum hareketleri yapılamaz ve konjestif-hipoksik bir ölüm olur. Bu ölümler için "asfiksik" terimi de kullanılmaktadır (2). Deneysel çalışmalar da bu gibi ölümlerin "asfiksik" özellikte olduğunu göstermektedir (4). Bu olgularda asfiksiksinin genel bulgularından olan yüzde, deride ve viseral organlarda aşırı konjesyon, plevra ve perikardiumda peteşial kanamalar görülmektedir (2).

c- Solunum ve kardiyak merkezlerin felci

Akım nadiren kafadan ve medulla spinalisten geçmektedir. Beyin sapının etki altında kalması kardiyak ve solunum merkezlerindeki hücrelerin ölümüne yol açabilmektedir (3,12).

Bu şekilde solunum merkezinin felce uğradığı olgularda kalp çalışmaya devam edebilmektedir. Bu olgularda suni solunuma ısrarla devam edilmesi sonucunda kişinin kurtulma şansı bulunmaktadır (4).

d- Termal yanıklar

Tıpkı yanık olgularında olduğu gibi etkilenen bölgeye göre ölümün olduğu görülmektedir. Ayrıca bu gibi olgularda hipovolemik şok, septik şok ve geç dönemde böbrek yetmezliği gibi komplikasyonlara bağlı ölümlerin de görüldüğü kaydedilmektedir (13).

Elektrik akımına bağlı ölümlerde orijin

Elektrik akımı ile olan kazalar

Elektrik akımına bağlı ölüm olgularının büyük çoğunluğunun orijini kazadır. Elektrik çarpmaları, genellikle evlerde ve sanayide kullanılan elektrikli aletler ile meydana gelen kazalar şeklinde olmaktadır. Bu kazalarda çoğunlukla genç erkek erişkinlerin yaz aylarında elektrik ile yaralandığı görülmektedir (14,15). Bu kazaların en sık rastlanılan sebepleri arasında alet kullanılması ve bakımı konusunda ihmal, yeterli güvenlik önlemlerinin alınmaması, kötü yaşam koşulları ve uygun olmayan izolasyon sayılabilmektedir. Çalışma ortamının ıslak olması ve yapılan işe uygun giysilerin giyilmemiş olması kazaların meydana gelmesini kolaylaştıran faktörlerdendir (16). Sıklıkla kullanılan uzatma kablolarındaki izolasyon hataları, kırık fiş ve prizler, elektrik şebekesinin topraklamasındaki problemler, amatörlerin tamiratları gibi dikkatsizlikler de kazalara neden olabilmektedir (4).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise İstanbul'da otopsi yapılan 740 adet 0-18 yaş arasındaki çocukların 34'ünde (% 4.6) ölüm sebebinin elektrik akımı olduğu, ve kazaya bağlı çocuk ölümlerinde 4. sıklıkta olduğu bildirilmiştir (17). Diğer bir çalışmada İstanbul'da 1975-1979 yılları arasında 5416 toplam otopsinin 105'inin (%1,9) ölüm sebebinin elektrik akımı olduğu ve bunların 99'unun (%94,3) erkek olduğu bildirilmiştir (18).

Elektrik akımı ile intihar

Elektrik kullanımı ile intihar oldukça nadirdir. Daha çok erkekler tarafından kullanılan bir yöntem olduğu ifade edilmektedir (12). Son yıllarda özellikle Almanya'da elektrik ile intihar olgularında bir artış olduğu bildirilmiştir (3). Sri-Lanka'da intihar oranlarının yüksek olduğu ve pestisid içme yönteminin en sık kullanılan intihar yöntemi olduğu, bunun yanında elektrik akımı ile intiharların da görüldüğü literatürde belirtilmiştir (19).

Banyo küvetinin su ile doldurulması ve bir lambanın su içine yerleştirilmesi ile oluşan bir intihar bildirilmiştir (20). Bu gibi elektrik çarpmalarında faz ucu suya temas ederse su iletken olmaktadır. Bu durumda vücudun bir bölümünün musluk gibi bir cisim yoluyla topraklanması durumunda akım geçişi olmaktadır. Bu olguda akım tüm vücut ile temas eden su yolu ile girmiş ve hiç bir lezyon oluşturmamıştır. Akım sırta dayalı metal musluk yolu ile topraklanmıştır. Bu çıkış yerinde bir yanık oluşmuştur.

Ülkemizde nadir de olsa elektrik akımı ile intihar

olguları bildirilmiştir (21,22).

İntihar amacıyla çıplak elektrik tellerini özofagusuna kadar ileten ve tellere akım vererek özofagus darlığı oluşturan bir kokain kullanıcısı bildirilmiştir. Kişinin cerrahi tedavi ile düzeldiği belirtilmiştir (23).

Elektrik ile cinayet

Elektrik ile cinayetlere de rastlanılmaktadır. Eşleri tarafından elektrik ile öldürülen kadınlar dünya literatüründe bulunmaktadır (12). Fakat tüm dünyada elektrik ile cinayet ve cinayet girişimlerinin sayısının az olduğu konusunda fikir birliği bulunmaktadır (12). Cinayet şüphesi bulunan olgularda çok dikkatli bir keşif muayenesi yapılmalıdır. Bulgular ve delillerin fotoğraf ile belgelenmesine dikkat edilmelidir.

Kullanılan yöntemler arasında mağdurun geçeceği yola tel döşenmesi, kişinin muhtemelen tutacağı bir cismin elektrikleştirilmesi, banyo suyuna elektrik verilmesi ve elektrik faz kablosunun çocuğun hatta erişkinin vücuduna dolandırılması sayılabilir. Literatürdeki olguların büyük çoğunluğunda, cinayeti işleyenler tarafından mağdurda bilinç kaybı oluşturulduktan sonra elektrik akımı verilerek kişinin öldürüldüğü görülmektedir (12).

Olay yeri incelemesi

Deri üzerinde bulunan lezyonları, düşük voltaj elektrik akımlarına bağlı ölümlerde tespit etmek kolay değildir. Eğer olayın şahitleri de yok ise kesin ölüm sebebinin söyleyebilmek her zaman mümkün olamamaktadır. Bunun yanında ilk anda elektrik çarpması olarak düşünülen, fakat gerçekte başka ölüm sebeplerinin bulunduğu olgular da olabilmektedir.

Herhangi bir elektrikli alet kullanırken veya tamir ederken meydana gelen ölümlerde, olayın görgü tanığının olmadığı olgularda elektrik çarpması olasılığı düşünülmeli ve cesedin dış muayenesinde elektrik akım girişi ve çıkışı lezyonu aranılmasına dikkat edilmelidir. Kullanılan bir alet var ise bunun kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu elektrikli aletler genellikle taşınabilir özelliktedir ve kolaylıkla laboratuvara nakilleri mümkün olmaktadır. Yüksek voltaj elektrik akımına bağlı yaralanmalar da ise elektrik kablosunun yarım metrelik uç kısmı kesilerek saklanabilir. Eğer kablunun alınması mümkün değilse en azından fotoğrafı çekilerek dosyada saklanmalıdır (10).

Keşif bölgesindeki tüm detaylar dikkatlice keşif muayene tutanağına yazılmalı ve mümkünse çevrenin fotoğrafları çekilmelidir.

Yüksek voltaj akımlar ellerdeki eldivenlerden veya kauçuk çizmelerdeki ufak üretim hatalarından geçebilmektedir. Bu gibi hataların gözle görülmesi oldukça zor olabilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığı zaman kişinin giysileri, çizmeleri, başındaki başlığı ve eldivenleri incelenmek üzere alıkonulmalıdır. Bu gibi giyilen koruyucu donanım hazırlanan özel bir devre ile kontrol edilmektedir. Bu şekildeki bir inceleme hem

ölüm mekanizmasının açıklanmasında hem de aynı aletin kullanılarak başka kazaların meydana gelmesini önlenmesi açısından önemlidir. Bu amaçla yüksek voltaj akımları ile çalışırken giyilecek kauçuk eldiven standardında belirtilen testin benzeri kullanılabilir (24).

Keşif muayenesinde ölüm zamanını değerlendirirken elektrik çarpmalarında rigor mortisin ortaya çıkış ve kaybolma sürelerinin azaldığı dikkate alınmalıdır. Yapılan bir hayvan deneyinin sonuçlarına göre kontrol grubunda 3 saat olan ölü sertliğinin ortaya çıkış süresi 1 saate, ölü sertliğinin kaybolması ise 8 saatten 3 saate inmiştir (25). Bu olayın mekanizması, elektrik çarpmasında kaslarda meydana gelen kasılmalar, kas içindeki enerji kaynaklarını kullandığı için kas içi ATP oranının düştüğü ve ölü sertliğinin erken dönemde geliştiği şeklinde açıklanmıştır. Post-mortem elektrik çarpmalarında ise deri direncinin yüksek olması ve bu sebeple dokulara aktarılan enerjinin azlığı nedeniyle ölü sertliğinin erken gelişiminin dikkat çekici olmadığı da ifade edilmiştir (25).

Otopsi bulguları

Dış muayene

Elbiseler incelenmeli ve özellikleri tarif edilmelidir. Varsa resüsitasyona ait bulgular yazılmalıdır. Tüm ceset dikkatlice incelenmelidir. Bu inceleme ceset yıkanmadan ve yıkandıktan sonra tekrarlanmalıdır. Baş bölgesinde saçlı deride bir elektrik akım lezyonunu görmek için saçların traş edilmesi gerekebilir.

Akımın çıkış yerinde de yanık benzeri bir lezyon bulunmaktadır. Kimi zaman bu bölgedeki deri parçalanabilir ve laserasyon veya delici alet yarası olduğu gibi yanlış bir tanıya götürebilir.

İç muayene

Klasik otopsi işlemi uygulanır. İleride ortaya çıkabilecek sorunlar için kalp ve beyinin saklanması önerilmektedir (10).

Bazı ölümcül elektrik çarpmalarında makroskobik iç organ bulguları görülememektedir.

Hatta histolojik değişiklikler bile tartışmalıdır. Vise-ral organlar oldukça fazla oranda su ve iletkenliği sağlayan elektrolitler içermektedirler. Bunun sonucunda akım yolu, termal yara oluşamayacak kadar geniş olmaktadır. Termal yaralar olmamasına rağmen özellikler kalp kası ve sinir sisteminde fizyolojik anormallikler meydana gelebilmektedir (3).

İnterkostal kaslar ve diyaframda spazm veya paralizisi sonucu meydana gelen ölümlerde akciğerde ve yüzde siyanoz ve konjesyon çok belirgindir. Plevrada peteşiler olabilir. Fakat bunlar da anlamlı olamayacak kadar non-spesifiktir. Otopside, konjestif ölümlerin bulgusu olan koyu kırmızı-mavi post-mortem hipostaz bulunabilecektir (3).

Toksikolojik inceleme

Elektrik akımı etkisi ile ölüm olgularında mümkün

olduğu kadar geniş toksikolojik inceleme yapılması uygundur. Kan alkol düzeyinin tespiti kullanımının yaygınlığı nedeniyle önemlidir.

Alkolün etkisi ile bir kaza olup olmadığı sorusunun cevaplanması için bu inceleme şarttır.

Elektrik akımının meydana getirdiği lezyonlar

Elektrik akımına en dirençli dokulardan birisi deri olduğu için eğer amper yeterli ise hemen her zaman deri lezyonları görülmektedir. Bunlara elektrik yanığı giriş deliği denilmektedir. Bunun yanında bu lezyonlar için "Joule Yanıkları" terimi de kullanılmaktadır (3). Benzer lezyonlara akımın vücuttan çıktığı bölgelerde de rastlanılmaktadır.

Elektrik akımı geçtiği zaman gözle görülebilen bir lezyonun olup olmaması birim deri alanı başına düşen akımın yoğunluğu ile orantılıdır (3). Akımın epidermis ve dermisten geçmesiyle ortaya çıkan ısı derideki yanıkları oluşturmaktadır. Eğer elektrik akımı nispeten geniş bir bölgeden geçerse, birim alan başına düşen amper azalacağından orantılı olarak ısı etkisi de azalacaktır. Örneğin tüm avuç içinin elektrik kaynağı ile temas etmesi durumunda hiç bir lezyon meydana gelmezken aynı akımın parmak ucundaki küçük bir yüzeyden geçmesi yanıklara neden olabilmektedir.

Bazı olgularda elektrik akımı lezyonları post-mortem meydana gelmiş olabilir. Elektrik akımına maruz kalan ve kardiak aritmi ile derhal ölen ve pozisyonu sebebiyle elektrik akımına maruz kalmaya devam eden olgularda, post-mortem elektrik akım lezyonları görülebilecektir.

Post-mortem dönemde elektrik akımı uygulamasının yanık ve vezikül oluşturduğu gösterilmiştir (3). Fakat ölümden sonra bir süre geçmiş ise "vital reaksiyon" belirtisi olan hiperemik alanın görülmediği belirtilmektedir (3). Yapılan bir çalışmada domuz epidermisine post-mortem dönemde elektro-şok cihazı uygulanması ile oluşan lezyon çevresinde eritem görülmemiştir. Bu özelliğin ayırıcı tanıda kullanılabileceği belirtilmiştir (26).

Elektrik yanıklarının bir genel özelliği yanık periferinde soluk bir halka bulunmasıdır (4). Bu lezyonun muhtemelen akımın kan damarlarındaki kaslara direkt etkisi sonucu oluştuğu ve elektrik çarpması için patognomonik olduğu düşünülmektedir (3). Genellikle bu soluk bölgenin etrafında hiperemik bir bölge bulunmaktadır. Hiperemi aynı zamanda hemen yanık alanının kenarında soluk halkanın iç kısmında da bulunabilir. Kimi olgularda, vezikül-hiperemi alanlarının bir karışımı görülebilir. Eğer yanık, bir telin uzunlamasına teması ile olmuş ve düz bir hat şeklinde ise soluk alan bir halka şeklinde değil yanığa paralel uzunlamasına olacaktır.

Derideki elektrik yanıkları makroskobik olarak şu şekilde sınıflandırılabilir: 1. Sıkı temas lezyonları 2. Ark yanıkları 3. Dendritik yanıklar (10).

1- Sıkı temas lezyonları

Elektrik kaynağı ve deri sıkıca temas etmektedir. Akımın geçmesi ile elektrik enerjisinin bir bölümü ısı enerjisine çevrilmektedir. Bu ısı artışı dokuların ısınmasına neden olmakta ve bir termal yanıkta gibi bir lezyon oluştuğu gözlenmektedir. Isı yeterli ise gri-sarı renkte sert kıvamlı bir koagülasyon nekrozu oluşacaktır. Ayrıca epidermo-dermal bir vezikül de meydana gelebilmektedir. Bu vezikül sıvı veya gaz ile dolu olabilir. Akım kesilince vezikül soğumakta ve vezikül çökelebilmektedir. Otopsi yapıldığında kadar tamamen kaybolabileceği de hatırlanmalıdır (3). Vezikülün merkezinin çökmüş olduğu, etrafının ise gri-beyaz renkte halka şeklinde kabarık olduğu görülebilir. Eğer akım kaynağı deriye dik duran ince bir tel ise, akımın bir noktaya yoğunlaşmasının etkisiyle deri altı dokuya da penetre bir çukur tarzında yara görülebilir.

İltihabi doku reaksiyonu ölüm genellikle kısa sürede olduğu için bu olgularda ya çok azdır ya da hiç bulunmamaktadır (2). Elektrik akımına bağlı lezyonların genellikle uzun bir iyileşme dönemleri bulunduğu ifade edilmektedir (27).

2- Ark yanıkları

Kişi eğer akım kaynağını sıkıca tutuyor ise ark yanıkları görülmemektedir. Bu ark yanıkları alçak voltajlardan daha çok yüksek voltajlarda, akımın bir kıvılcım şeklinde akım kaynağından deriye atlaması şeklinde olmaktadır. Kuru havada 1000 Voltluk akımların bir kaç milimetre atlayabildiği, 100 kiloVolt'un ise 35 santimetre atlayabildiği belirtilmektedir (28). Bu ark yanıkları hem giriş hem de çıkış yerlerinde görülebilmektedir. Elinden yüksek voltaj akım girmiş olan ve ayaklarında kauçuk çizmeler bulunan kişilerde akımın atlaması sonucu ayaklarda olan ark yanıkları görülebilmektedir.

İçten yanmalı motorların bujilerinde olduğu gibi ark akımlarında da çok yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır. Sıcaklık 3000-40000C'a ulaşmaktadır (1,3). Bu sıcaklık flash yanıklarına, elbiselerin yanmasına ve elektro-mekanik etkiye neden olabilmektedir. Bu sıcaklığın etkisi ile derinin keratinize tabakası küçük bir bölgede erimektedir (3). Soğumanın sonunda, keratin sert sarı-kahverengi renkte etraf dokudan yüksek bir nodül (kıvılcım lezyonu) olarak gözükmektedir (3). Bunun etrafında ise genellikle kapiller kontraksiyona bağlı soluk bir bölge bulunmaktadır. Bu lezyonun hemen yanında bir vezikül de bulunabilir. Gerçekte ise elin ve akım kaynağının hareketli olmasından her iki tip lezyonun bir arada bulunduğu olgulara daha çok rastlanmaktadır (2).

Çok yüksek voltajlarda geniş bir termal yanık alanı ve sayısız ark yanıkları bir arada bulunabilmektedir. Bu lezyona "timsah derisi görünümü" de denilmektedir (3).

3- Dendritik yanıklar

Yıldırımlarda ve 250.000 volt gibi yüksek volt

akımlar ile yaralanmalarda ortaya çıkan ağaç dalları şeklinde deri lezyonlarıdır (29). Eğrelti otu şeklinde diye de tanımlanabilmektedir. Bu lezyonun yıldırım yaralanmaları için patognomonik olduğu düşünülmektedir (30).

Bu lezyon bir kaç saat içinde gözle görünemeyecek şekilde azaldığı için derhal aranması gerektiği belirtilmiştir (31). Bu lezyonun elektrik akımının geçtiği bölgede parçalanmış eritrositlerden açığa çıkan hemoglobinin dokuları boyaması veya damarların vazodilatasyonu sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu lezyonun kan damarlarının dağılımı ile direkt ilişkili olmadığı ifade edilmektedir (31).

Diğer bir kaynakta ise bu lezyonun yaralanmadan 1 saat kadar sonra belirginleştiği, fakat 24 saat içinde gittikçe azalarak görünmez olduğu belirtilmektedir (30). Bu lezyonun (+) yükler ile meydana geldiği düşünülmektedir (30). Bu lezyonların kişinin (-) yüklü bir yıldırım akımına maruz kalması ve bu esnada da yakındaki topraklanmış bir cisimden (+) yüklü bir sekonder akımın atlaması ile olduğunu düşünülmektedir. Diğer bir olasılık ise (+) yüklü yıldırımın vücuda girdiği bölgede meydana gelmiş olmasıdır. Her iki görüş te diğerini dışlamamakla beraber bu arborescent lezyonların neden seyrek olarak görüldüğünü açıklamaktadır.

Elektrik akım lezyonları esas olarak bir koagülasyon nekrozudur. Bu lezyonlar pütrefaksiyona da oldukça dirençlidirler. Bu sebepten dolayı şüpheli olgularda mezar açma işlemi yapıldığında, elektrik akım izlerinin bulunma ihtimali oldukça yüksektir (12). Tahnit edildikten sonra gömülen ve deri lezyonları 23 gün sonra hemotoksilen eozin ile boyandıktan sonra incelenen ve tanı konulan bir olgu bildirilmiştir (32).

Kimi olgularda, elektrik akım kaynağının şeklini deri üzerinde görebilmek mümkün olmaktadır. Özellikle görgü tanığının bulunmadığı ölüm olgularında olayın ne şekilde meydana geldiğini ortaya çıkarmak açısından faydalı bilgiler verebilmektedir.

Metal artıklarının tespiti

Metal bir iletken elektrik akımı dokulara geçtiği zaman, bir çeşit elektroliz olmakta ve metal iyonlarının bir kısmı deriye ve hatta deri altı dokuya yerleşmektedir. Bu olay hem AC hem de DC akımlarda olmaktadır. Metal iyonları, doku anyonları ile birleşerek metal tuzları oluşturmaktadır. Bunlar çıplak göz ile görülemeyebilir. Fakat kimyasal, histokimyasal ve spektroskopik teknikler ile gösterilebilmektedir. Bu metal iyonları canlıda bir kaç haftaya kadar gösterilebilir. Bu özelliğin post-mortem değişikliklere de oldukça dirençli olduğu belirtilmektedir. Bu metalizasyon çok aşırı ise deri üzerinde çıplak göz ile görülebilmektedir. Bakır veya pirinç iletkenler ile akım aktarılmış ise parlak bir kalıntı belirgindir (3). İletken bakır ise sarı-yeşil renkte, demir ise kahverengi-siyah renkte metalizasyon olabilmektedir (33).

Son yıllarda scanning elektron mikroskopisi kullanılarak, neredeyse her türlü elektrik temasında olabilen mini arkların sonucunda deriye geçen az da olsa erimiş metal partiküllerini göstermek mümkün olmuştur (3).

Metalik birikintileri Adjuvantis ve Skalos'ın tarif ettiği metod ile göstermek mümkündür. Bu metotta, filtre kağıtları ile metaller lezyondan alınır. Bakır, demir, alimünyum, çinko ve nikel, nitrik asit veya hidroklorik asitte eritilir ve solusyonlar bir seri basit ama spesifik reaktifler ile test edilir (3).

Alternatif veya doğru akım elektrik akım yaralanmasını göstermek için yapılan metal transferini gösterme çalışmalarının etkinliği konusunda farklı görüşler de bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir değeri olmadığını söyleyenler de bulunmaktadır (10). Saf termal yakıklarda bile, sıcak metal bir cismin deriye teması ile metallerin deriye transfer olabileceği de söylenmektedir (3).

Epidermisteki elektrik akımı lezyonlarının ışık mikroskopisi özellikleri

Elektrik akımına bağlı ölüm olgularının tanısında öncelikle makroskopik inceleme yapılmakta, daha sonra şüpheli lezyondan örnek alınarak ışık mikroskopisi ile incelenmektedir. Sadece makroskopik inceleme ile gerçek bir tanının konulması mümkün olmadığı için mümkün olan her olguda histolojik inceleme yapılmaktadır.

Bu amaçla elektrik akımlarının deride meydana getirdiği lezyonların histolojik özelliklerinin tespitine yönelik çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmaların, bu lezyonların ayırıcı tanısında adli tıp pratiğinde kullanılabilecek histolojik tanı kriterlerinin tespiti konusunda yoğunlaştığı dikkati çekmektedir.

Bu konudaki ana problem elektrik akımı lezyonları ile termal lezyonlar arasında güvenilir bir ayırıcı tanı yapabilmektir. Son yıllarda özellikle bu konuda bir seri çalışma yapılmıştır. Bunların yanında elektrik akımları ile asit ve bazik solusyonların meydana getirdiği lezyonlar konusunda da araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların bir grubu 1970'li yıllardan sonra elektrik işkencesinin tanı kriterlerinin gösterilmesi gerekliliği üzerine başlamış ve elektrik işkencesinde kullanılan aletlerin benzerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (34-38).

Elektrik akımlarının deride meydana getirdiği lezyonların değerlendirilmesinde iki temel görüş bulunmaktadır. Görüşlerden birincisi, elektrik akımının dokularda meydana getirdiği lezyonları uzun zaman "elektriğin özel bir elektro-mekanik etkisi bulunmaktadır" düşüncesi ile izah etmiştir. Özellikle Jelliek, elektrik akımının dokularda özel değişikliklere neden olduğunu düşünmüştür (39). Bu görüşe göre elektrik akımlarının dokularda oluşturduğu mikroskopik değişikliklerin sadece ısı etkisi ile açıklanması uygun de-

ğildir (13,39).

Elektrik işkencesinin ispatlanmasına yönelik yapılan çalışmalar sonucunda da elektrik akımı lezyonlarının histolojisinin belirgin olarak termal lezyonlardan farklı olduğu yayınlanmıştır (34). Yazarlar bu farklılıkları hem ışık mikroskopisinde hem de elektron mikroskopisinde bulduklarını ve elektrik akımının epidermis hücreleri üzerinde özel bir etkisi olduğunu ifade etmektedirler (34,36-38,40-42). Bu çalışmalarda elektrik akımı, merkezleri 17 mm aralıklı olarak yerleştirilmiş 2 adet 12 mm. çapında dairesel kesitli paslanmaz çelik elektrotlar kullanılarak epidermise uygulanmıştır. Bu şekildeki bir elektrodun kullanılmasındaki amaç elektrik akımı ile işkence uygulamalarında benzer bir aletin kullanıldığı düşünülmesidir (43). Bu araştırmalarda dikkati çeken noktalardan biri kullanılan elektrotların nispeten geniş yüzeylerinin bulunmasıdır. Bu deneylerdeki diğer bir özellik te 50 Voltluk akımların kullanılmış olmasıdır. Voltajın özellikle epidermise akım uygulamalarında önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Düşük volt akımlar deri direncini aşmamakta ve akım geçişi de o oranda sınırlı olmaktadır. Bunun aksine voltajın yükselmesi ile hücre zarları parçalanmakta, deri direnci aşırı ölçüde azalmakta ve böylece deriden geçen amper aşırı artmaktadır (3). Elektrik işkencelerini kanıtlamaya yönelik çalışmalarda, elektrik işkencesi uygulamalarında gerçekte kaç voltluk akımların kullanıldığı belirtilmemektedir. Bu anlamda bu deneylerde kullanılan akımın uygun olup olmadığı değerlendirilememektedir. Fakat işkence uygulamalarında voltajın 50 volt olmasının akım geçişinin sınırlı olması nedeniyle uygun olmadığı, düşük amper 220 volt gibi yüksek voltaj akımlarının kullanılıyor olmasının daha muhtemel olduğu düşünülmektedir.

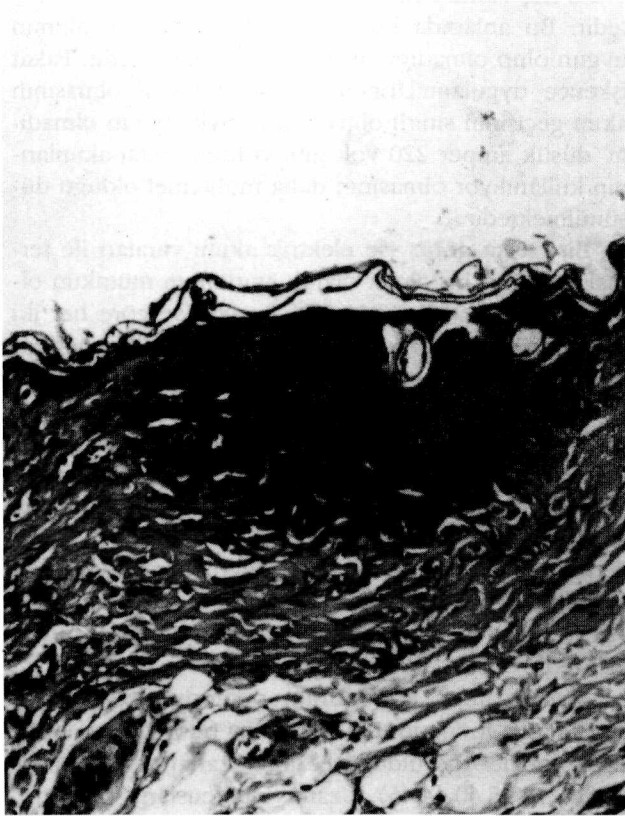
Bir başka görüş ise elektrik akımı yaraları ile termal yaraların histolojik olarak ayırımının mümkün olmadığı yönündedir (3,10,13). Bu görüşe göre her iki lezyonun da basit birer termal yanık olarak değerlendirilmesi uygundur (10,13).

Elektrik akımı etkisi ile ısınan doku sıvılarının genişleyerek hücreleri ayırması sonucu deride gaz boşlukları oluştuğu ve etkilenen dokuların daha eozinofilik boyandığı belirtilmektedir (3). Stratum korneumda gaz dolu vesikül bulunabildiği belirtilmiştir (2). Epidermis bir vezikül şeklinde de ayrılabilir (3). Bu tür bulguların doku sıcaklığının 1000°C gibi yüksek sıcaklığa erişmediği olgularda görüldüğü düşünülmektedir.

Elektrik akım lezyonunun periferisinde epitelyal tabakalarda longitudinal bir uzama (elongation) (streaming nuclei) görüldüğü çeşitli yazarlarca belirtilmiştir (1,2,12,25,40,44,45). Uzamış nükleusların piknotik, çoğunlukla sıkıca kümelenmiş ve papiller yapı yönünde ışınal dizildiği belirtilmiştir. Aynı hücre değişikliklerinin deri eklerinde özellikle kıl foliküllerinde de gö-

rülebildiği, uzamış nükleuslarda spiral, halka, palizad gibi varyasyonlar da olabildiği belirtilmiştir (39). Epidermis bazal tabakalarındaki hücre nükleuslarının aynı yönde dizilmeleri (streaming nuclei) kimi yazarlara göre elektrik akımı için karakteristik, kimilerine göre ise değildir (3,10). Bu özelliğin sadece akımın elektromanyetik etkisi sonucu oluştuğu belirtilmiştir (28,46). Elektrik işkencesinin ispatlanması amacıyla yapılan çalışmaların birinde de nükleuslardaki uzamanın termal lezyonlar için tipik olduğu bildirilmiştir (35).

Jellinek ve arkadaşları, epidermis hücrelerinin nükleuslarının uzamasının, elektriğin polarizasyon etkisine bağlanabileceğini düşünmektedirler. Bu görüşün Heinlein'in 1962'de yaptığı deneysel bir model ile de doğrulandığı bildirilmiştir (39). Benzer nükleer uzamalar, saf termal yanıklarda, künt dermal yaralarda, koter yanıklarında, barbitürat zehirlenmesi veziküllerinde ve donmalarda da tarif edilmiştir (3,39). Bazı yazarlara göre bunların arasında ayırım yapılması mümkün değildir (39). Bazı yazarlar bu lezyonun elektrik yaralanmalarında adli tıp açısından bir bulgu olarak değerlendirilemeyeceği yönünde görüş bildirmişlerdir (3,39). Deneysel bir çalışmada hem termal hem de elektrik akımına bağlı lezyonlarda epidermis nükleuslarında uzamalar bulunmuştur. Bu nükleus değişiklikleri arasında dağılım ve görünüm açısından bir ayırım yapılmasının mümkün olmadığı görülmektedir



Resim 1: Bir elektrik akımı lezyonunda epidermis nükleuslarında uzamalar ve epidermis ve dermis ayrılması (Swiss Albino epidermisi H+E, 200X)

(47) (Resim 1).

Elektrik akımların oluşturduğu lezyonların histolojik görünümünde lezyonun homojen şiddette olduğu bildirilmiştir (1). Saf termal yanıklarda ise bunun aksine lezyonun derin dokulara gittikçe azalma özelliği gösterdiği bildirilmiştir (1)

Dokuların dirençlerinin hücresel düzeyde eşit olmaması, örneğin deride kollagen lifler, kıl follikülleri, damar ve sinirler gibi birbirinden çok farklı dokular bulunduğu göz önüne alınırsa her olguda ve her organın değişik lokalizasyonlarında farklı bulguların görülmesi beklenmektedir.

Elektrik akımına bağlı lezyonların sınırının değerlendirilmesi için henüz elimizde objektif kriterler bulunmamakta, bu konuda kişisel deneyimlere dayanılması ve ayırıcı tanıda dikkatli olarak kullanılması önerilmektedir.

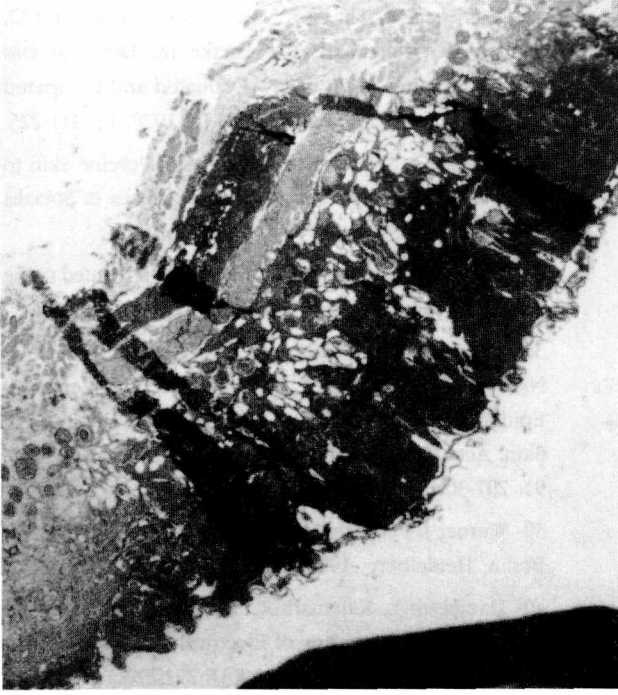
Elektrik teması altındaki şişmenin, nekrozun ve kanamaların eşit olmayan dağılımına dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu değişiklikler deri ekleri bölgesinde daha belirgin olduğu, bu değişken lezyon şiddetinin, akımın en az direnç gösteren dokulardan geçerek (subepidermal vasküler yapılar) gittiğinin bir belirtisi olduğu söylenmektedir (39). Seri kesitlerde nekrozun tabanda ve kenarlarda eşit olmayan şekilde dallandığı ve kafes biçiminde olduğu da belirtilmiştir. Bu anlamda bir elektrik lezyonunun derinliğini tam olarak anlayabilmek için deri yüzeyine dik kesitler yaparak histolojik olarak incelenmesi önerilmektedir (39).

Yapılan deneysel bir çalışmada, elektrik akımının meydana getirdiği nekrozun dermisteki sağlam kas dokusunu geçerek derin dermisteki kollagen liflerde devam ettiği görülmüştür (Resim 2). Bu özellik termal lezyonlarda hiçbir şekilde bulunmazken elektrik akımı lezyonlarında 35/40 (%87.5) gibi yüksek bir oranda tespit edilmiştir. Bu çalışmada, insanda dermis ve erekör kas pilisi dışında kas dokusu olmaması nedeniyle biyopsilerin kas dokusu içerecek kadar derin olarak alınması önerilmektedir (47).

Nekrozun atlamalı olması, muhtemelen dokuların elektrolit içeriğinin farklı olması sebebiyle dirençlerinin de farklı olması ve bunun sonucunda elektrik akımının eşit olmayan bir şekilde dokulardan geçtiğini göstermektedir. Bu özelliğin termal lezyonların hiçbirinde görülmemiş olması bu görüşü destekler niteliktedir.

Bu özelliğin alternatif elektrik akımları için patognomonik olduğu düşünülmektedir. Sağlam kas lifleri etrafındaki kollagen liflerinin nekrozunun tanımı için "seçici elektrik nekrozu" (selective necrosis of electricity) terimi önerilmiştir (47).

Bir çalışmada ise elektrik akımlarının segmenter özellikte olduğu belirtilmiştir (34). Yapılan kesitlerde saç kılları ve ter bezleri etrafında nekrozun belirginleştiği, epidermisteki nekrozun yüzeysel planda farklı şiddette olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde bir lezyonun gö-



Resim 2: Elektrik akımının neden olduğu lezyonda nekrozun atlamalı özelliği (Swiss Albino epidermisi H+E, 40X)

rülmesinin sebebi olarak da akım uygulama süresinin uzunluğu ve epidermisin homojen olmaması gösterilmiştir. Sonuç olarak bu özelliğin elektrik akımlarına özel olduğunu söylemek mümkün değildir. Kişisel görüşüm, elektrodun geniş yüzeyli olması, epidermisin homojen bir doku olmaması ve 50 Voltluk akımların uzun süre uygulanmasının bu tür bulgu oluşumunda etkili faktörler olduğu yönündedir.

Bir elektrik akımına bağlı nekrotik doku çevresindeki yüzeyel ve derin canlı dokuda kollagen liflerin kalsifikasyonunun bulunmasının elektrik akımları için tipik olduğu ifade edilmektedir (40). Bu kollagen liflerin kalsifikasyonunun bir kaç gün sonra belirgin olduğu söylenmiştir (41,42).

Bir çalışmada ise hem AC akımlarda hem de DC akımların katod bölgesinde, epidermis ve üst dermis bölgesinde vesiküler nükleus görüldüğü bildirilmiştir. Bu vesiküler nükleusun bazik solusyonlar ve elektrik yaralanması için patognomonik olduğu, fakat bir kaç gün içinde ortadan kalktığı belirtilmiştir (40).

Diğer bir çalışmada epidermis hücreleri sitoplazmasının eozinofilik fibriller görünümde olmasının termal lezyonlar için tipik olduğu, homojen beyaz sitoplazmanın ise elektrik akımları için tipik olduğu belirtilmiştir (36). Bu çalışmada epidermiste yaygın nekroza sebep olmayacak akımlar kullanılmıştır.

Epidermis ve dermisin ayrıldığı da bildirilmiştir (1). Bu özelliğin elektrik akımı lezyonları için spesifik olmadığı, hem termal hem de elektrik akımı lezyonlarına görülebildiği belirtilmiştir (47).

KAYNAKLAR

- 1- Moar JJ, Hunt JB. Death From Electrical Flash Burns. SAMJ 1987; 71(7): 181-182.
- 2- Knight B. The Coroner's Autopsy. A Guide to Non-Criminal Autopsies For The General Pathologist. First Edition, Churchill Livingstone, New York, 1983: 269-278.
- 3- Knight B. Forensic Pathology, Edward Arnold London 199: 294-306.
- 4- Cameron JM. Heat, Cold and Electricity. in Camps FE. Eds. Gradwohl's Legal Medicine. Third Ed. John Wright and Sons Ltd. Bristol, 1976: 361-366.
- 5- Wilkinson C, Wood MD. High Voltage Electric Injury. Am J Surg. 1978;136:693-696.
- 6- Polson JP, Gee DJ. The Essentials of Forensic Medicine, Third Ed. Pergamon Press, New York, 1973: 284-330.
- 7- Öztürel A. Adli Tıp. Sevinç Matbaası. Ankara, 1979:112.
- 8- Gill AS. Electrical Equipment Testing and Maintenance. Reston Publishing Company, Reston, Virginia, 1982: 443.
- 9- Cotran RC, Kumar V, Robbins SL. Robbins Pathologic Basis of Disease. 4th Ed. W.B. Saunders Company, 1989: 503-504.
- 10- Wright RK, Ganther GE. Electrical Injuries and Lightning; in Froede R. Eds. Handbook of Forensic Pathology, College of American Pathologist U.S.A., 1990: 150-157.
- 11- Mehl LE. Electrical Injury From Taser and Miscarriage. Acta Obstet Gynecol Scand 1992;71:122.
- 12- Al-Alousi LM. Homicide by electrocution. Med Sci Law 1990; 30(3): 239-246.
- 13- Gordon I, Shapiro HA, Berson SD. Forensic Medicine A Guide to Principles, Third Edition, Churchill Livingstone New York, 1988: 146-149.
- 14- Jones JE, Armstrong CW, Woolard D, Miller GB. Fatal Occupational Electrical Injuries in Virginia. J. Occupational Med 1991; 33(1): 57-63.
- 15- Cone JE, Daponte A, Reiter R, Becker C, Harrison R, Balmes J. Fatal Injuries at Work in California. J. Occupational Med 1991; 33(7): 813-817.
- 16- Harvey P, Sutton M. Electrocution. Letter. Med. J. Australia 1993; 158: 435.
- 17- Aksoy E, Polat O, İnanıcı MA, Çolak B. Evaluation of Childhood Autopsies in İstanbul, Turkey. American Academy of Forensic Sciences, 48th. Annual Meeting, 13-15 Feb. 1995. Seattle USA.

- 18- Soysal Z. Elektrik Akımlarıyla Vücutta Meydana Gelen Lezyonların Adli Tıp Açısından İncelenmesi. İ.Ü.Adli Tıp A.B.D. Uzmanlık Tezi, 1980 Sayfa:82-83.
- 19- Fernando R, Liyanage S. Suicide by Electrocution, Med Sci Law, 1990; 30(3): 219.
- 20- Robert D. Werner LU. Spitz ML. Taff: Suicidal Electrocution in a Bath tub. Am J Forensic Med Pathol 1985; 6(3): 276-278.
- 21- Kirangil B, Okudan M, Soysal Z, Albek E. Elektrik akımı ile intihar bir olgu bildirisi. 7.Ulusal Adli Tıp Günleri Poster Sunuları Kitabı, İstanbul 1995: 385.
- 22- İnce CH, Fincancı ŞK, Arıcan N, Akkay E. Elektrikle intihar, bir olgu bildirisi. I.Adli Bilimler Kongre Kitabı, Adana 1994:342.
- 23- Flisak ME, Berman S: Electrical Injury in the Esophagus. AJR 1988; 150: 103-104.
- 24- International Electrotechnical Commission: Specification for Gloves and Mitts of Insulating Material for Live Working. First Ed. Geneve 1988.
- 25- Krompecher T, Bergerioux C. Experimental Evaluation of Rigor Mortis. VII. Effect of Ante and Post Mortem Electrocution on the Evolution of Rigor Mortis. For Sci Int 1988; 38: 27-35.
- 26- Ikeda N, Harada A, Suzuki T. Homocidal Manuel Strangulation and Multiple Stud-gun Injuries. Am J Forensic Med Pathol 1992; 13(4): 320-323.
- 27- Tunali İ. Adli Tıp Ders Kitabı. Yarı-Açık Cezaevi Matbaası Ankara, 1988:113.
- 28- Plueckhahn VD, Cordner S.,M. Ethics, Legal Medicine and Forensic Pathology, Second Edition, Melbourne University Press, 1991: 279-281.
- 29- Ghezzi KT. Lightning Injuries, A Unique Treatment Challenge. Postgraduate Medicine, 1989; 85(8): 197-204.
- 30- Di Maio JD, DiMaio VJM. Forensic Pathology Elsevier New York 1991: 374-376.
- 31- Lifschultz BD, Donoghue ER. Deaths Caused by Lightning. J Forensic Sci 1993; 38(2): 353-358.
- 32- Chandrasiri N. Electrocution by Dielectric Breakdown (Arching) From Overhead High Tension Cables. Med Sci Law 1988; 28(3): 327-340.
- 33- Watson AA. Forensic Medicine A Handbook for Professionals Albershot England 1989: 220-225.
- 34- Thomsen HK, Danielsen L, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karsmark T, Genefke IK. Early Epidermal Changes in Heat and Electrically Injured Pig Skin.I. A Light Microscopic Study, Forensic Sci Int 1981; 17: 133-143.
- 35- Danielsen L, Thomsen HK, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karsmark T, Genefke IK. Electrical and Thermal Injuries in Pig Skin - Evaluated and Compared by Light Microscopy. Forensic Sci Int 1978; 12: 211-225.
- 36- Aalund O. Sequelae to Exposure of Porcine Skin to Heat and Electricity. Acta Medicinea Legalis et Socialis 1980; 30: 33-41.
- 37- Danielsen L, Berger P. Torture Sequelae Located to the Skin. Acta Dermatovener (Stockholm) 1981; 61: 43-46.
- 38- Thomsen HK, Danielsen O, Nielsen O, Aalund O, Nielsen KG, Karsmark T, Genefke IK, Christoffersen P. Epidermal Changes in Heat and Electrically Injured Pig Skin, Acta Path Microbiol Immunol Scand. sect A 1983; 91: 297-306.
- 39- Werner J. Forensic Histopathology, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1984: 261-274.
- 40- Danielsen L, Karsmark T, Thomsen HK, Thomsen JL, Balding LE. Diagnosis of Electrical Skin Injuries. Am J Forensic Med Pathol 1991; 12(3): 222-226.
- 41- Karsmark T, Danielsen L, Thomsen HK, Aalund O, Nielsen O, Nielsen KG, Johnson E, Genefke IK. Tracing the Use of Torture: Electrically Induced Calcification of Collagen in Pig Skin. Nature,1983; 301(6): 75-78.
- 42- Karsmark T, Thomsen HK, Danielsen O, Aalund O, Nielsen O, Nielsen KG, Genefke IK. The Morphogenesis of Electrically and Heat-induced Dermal Changes in Pig Skin. Foren Sci Int 1988; 39: 175-188.
- 43- Danielsen L. Torture sequelae in the skin. Manedsskrift for Praktisk Laegegerning, 60, Anti Torture Research Publication 1982:4.
- 44- Lever WF, Lever GS. Histopathology of the Skin. 7th. Ed. J.B.Lippincott Company Philadelphia, 1990:142.
- 45- Somogyi E, Tedeschi CG. Injury by Electrical Force. in Tedeschi CG, Eckertt WG, Tedeschi LG. Eds. Forensic Medicine: A Study in Trauma and Environmental Hazards. W.B.Saunders Company Philadelphia.1977: 653.
- 46- Walton AS, Harper RW, Coggins GL. Myocardial Infarction After Electrocution. Med J Australia 1988; 148(4): 365-366.
- 47- Aksoy ME: Termal ve Elektrik Akımlarının Meydana Getirdiği Lezyonlarının Ayırıcı Tanısı. Uzmanlık tezi İstanbul 1996: 57-63.

Yazışma adresi:

Yrd.Doç.Dr.M.Ercüment AKSOY
Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Adli Tıp Anabilim Dalı
Tibbiye Cad.No:49 81326 Haydarpaşa İstanbul.
Tel: 0216 348 05 24