



**T.C.**

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK AKIM LEZYONU, ALEV YANIĞI VE KÜNT  
TRAVMALARA BAĞLI DERİ LEZYONLARININ HİSTOLOJİK  
AYIRIMINDA BİLGİSAYARLI GÖRÜNTÜ ANALİZİ TEKNİĞİ**

**ELİF ÜLKER AKYILDIZ**  
**DOKTORA TEZİ**

**ADLİ TIP ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. M.AKİF İNANICI**

**İSTANBUL -2007**

## TEŞEKKÜR

Adli tıp alanında doktora yapmamı ve bu alanda bilimsel çalışmalar yaparak kendimi geliŐtirmemi sağlayan sevgili hocam Prof. Dr. M.Akif İnanıcı'ya, bilgisayarlı görüntü analizi konusunda bilgilerini benimle paylaşan ve tezime büyük emeği geçen sevgili hocam Prof. Dr. Hüseyin Baloğlu'na, gerek adli tıp alanındaki çalıŐmalarımda gerekse tez dönemimde desteğini her zaman hissettiğim sevgili hocalarım Prof. Dr. Oğuz Polat'a, Prof. Dr. Ercüment Aksoy'a ve Doç.Dr Nesime Yayı'ya, adli olgulara patoloji bilimi açısından yaklaŐımı ve değerlendirmeyi öğrendiğim, yıllardır bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan sevgili hocam Prof. Dr. Aydın Sav'a, her zaman büyük destek gördüğüm sevgili arkadaşlarım Uz.Dr. IŐıl PakiŐ, Uz.Dr. Arzu Turan, Uz.Dr. Ferah Karayel, Uz Dr. Gökhan Ersoy'a ve varlıklarıyla bana mutluluk veren sevgili aileme teşekkür ederim.

Dr.Elif Ülker Akyıldız

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET .....	1
SUMMARY .....	2
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
2.GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Yara ve yaralanma .....	4
2.1.1. Yaraların oluş mekanizması.....	4
2.1.1.1.Darbe esnasında vücuda transfer edilen enerjinin özellikleri	4
2.1.1.2. Yarayı oluşturan cisim .....	5
2.1.1.3. Yaranın meydana geldiği vücut bölgesi.....	5
2.1.2. Yara Tipleri .....	5
2.1.2.1. Fiziksel faktörler .....	5
2.1.2.2. Kimyasal faktörler .....	6
2.2. Isı Yaralanmaları .....	6
2.2.1. Yanıklar .....	6
2.2.2. Alev yanıkları ve adli tıpta karşılaşılan sorunlar .....	8
2.3. Elektrik Yanıkları .....	9
2.3.1. Elektrik lezyonlarının oluşumunu ve şiddetini etkileyen faktörler	10
2.3.2. Elektrik çarpmasında ölüm mekanizmaları .....	12
2.3.3. Elektrik çarpmasına bağlı ölümlerde olayın orijini.....	13
2.3.4. Elektrik çarpmasında genel otopsi bulguları.....	14
2.3.5. Elektrik akımının deride meydana getirdiği lezyonlar.....	15
2.3.6. Elektrik akımına bağlı deri lezyonlarının mekanizması .....	17
2.3.7. Elektrik çarpmalarının adli açıdan önemi .....	18
2.4. Künt travmatik yaralar .....	19
2.4.1. Abrazyon .....	20
2.4.2. Abrazyon türü yaralanmaların adli tıp açısından önemi .....	20

<b>2.5. Adli tıp uygulamasında yaralarla ilgili olarak cevaplandırılması gereken sorular .....</b>	<b>21</b>
<b>2.6.Yara iyileşmesinde laboratuvar yöntemleri.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.1. Isı hasarında saptanan mikroskopik bulgular .....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.1.1.Isı hasarında ışık mikroskopu bulguları .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.1.2.Isı hasarında elektron mikroskopu bulguları .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2. Elektrik akımına bağlı deri lezyonlarında saptanan mikroskopik bulgular..</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2.1. Elektrik akımına bağlı deri lezyonlarında ışık mikroskopu bulguları...</b>	<b>26</b>
<b>2.6.2.2. Elektrik akımına bağlı deri lezyonlarında elektron mikroskopu bulguları.....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.3.Abrazyon türü deri yaralanmalarında saptanan mikroskopik bulgular ....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. Bilgisayarlı görüntü analizi .....</b>	<b>30</b>
<b>3.GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1.Doku örnekleme.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Doku hazırlama .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3. Işık mikroskopu ile değerlendirme.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4. Bilgisayarlı Görüntü Analizi ile değerlendirme .....</b>	<b>35</b>
<b>4.BULGULAR .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. Işık mikroskopu ile inceleme sonuçları .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.1. İntraepidermal ayrışma .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.2. Subepidermal ayrışma.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.3. İntraepidermal ve subepidermal ayrışma .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.4. Epidermiste koagulasyon nekrozu .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1.5. Epidermiste nükleer uzama .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.6. Epidermal nükleuslarda koyu boyanma .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.7. Dermiste homojenizasyon .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.8. Kıl follikülü epitelinde uzama.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Bilgisayarlı görüntü analizi sonuçları .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.1. Nükleus alanı .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.2. Nükleus çevresi .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.3. Nükleer form faktör .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.4. Nükleusun minimum eksenini .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.5. Nükleusun maksimum eksenini .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.6. Minimum ekseninin maksimum eksene oranı .....</b>	<b>58</b>



<b>5.TARTIŞMA .....</b>	<b>64</b>
<b>6.SONUÇ .....</b>	<b>72</b>
<b>7.KAYNAKLAR.....</b>	<b>74</b>
<b>8.ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>80</b>

## ÖZET

Elektrik çarpması ile meydana gelen ölümlerde deri lezyonunun görülmesi ve bu alandan alınan dokunun patolojik incelemesi tanıyı koydurur ancak elektrik yanıklarında izlenen morfolojik değişiklikler alev yanıkları ve abrazyon türü lezyonlarda da izlenmektedir. Bu çalışmada, elektrik çarpması, alev yanığı ve abrazyon türü deri lezyonlarında deriye ait mikroskopik kesitler ışık mikroskobu ile incelenerek ayırıcı tanıda yardımcı olabilecek histopatolojik özellikler araştırılmış, ayrıca deriye ait mikroskopik kesitler Bilgisayarlı Görüntü Analizi tekniği ile değerlendirilerek bu yöntemin adli tıp pratiğinde yararlı olup olmayacağı tartışılmıştır.

Bu amaçla ev ya da iş yerinde elektrik kaynağı ile derinin sıkı teması sonucu meydana gelmiş elektrik çarpması ile ölen 30 olgu, yangında ölen ve derisinde alev yanığı saptanan 30 olgu ve trafik kazası sonrası tedavi görmeden ölen, derisinde abrazyon izlenen 30 olgu 3 grup halinde incelenmiş, olgulardan alınan deri örnekleri histolojik ve morfometrik özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

İntraepidermal ayrışma en sık elektrik çarpması lezyonlarında, subepidermal ayrışma ise en sık alev yanıklarında izlenmiştir. Epidermal nekroz sıklığı abrazyon grubunda diğer iki gruba göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Epidermal hücrelerde nükleer uzama şiddetinin en yüksek olduğu grup elektrik çarpması grubudur. Bu hücrelerde hiperkromazinin en belirgin olduğu ve dermiste homojenizasyon derinliğinin en fazla olduğu grup ise abrazyon grubudur.

Bilgisayarlı görüntü analizi ile epidermal hücre nükleusunda maksimum eksenin en yüksek ölçüldüğü grup elektrik çarpması grubu, minimum eksenin en yüksek ölçüldüğü grup abrazyon grubudur. Günümüze kadar daha çok tümör patolojisinde kullanılan bir kriter olan “nükleer form faktör“ elektrik çarpması lezyonlarında anlamlı olarak yüksek bulunmuş, ayırıcı tanıda değerli bir kriter olduğu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Elektrik çarpması, alev yanığı, abrazyon, morfoloji, bilgisayarlı görüntü analizi

## SUMMARY

### **Histopathology and Computerized Image Analysis in the differential diagnosis of electrocution, flame burns and abrasion type skin lesions.**

Pathological examination of skin lesion may lead to diagnosis in deaths due to electrocution, however, morphological changes in electrical burns are also observed in flame burns and abrasion-type lesions. In this study, microscopic sections of skin exposed to electrocution, flame burns, and abrasion-type lesions are examined under light microscope in order to investigate histopathological features which could be useful in differential diagnosis. In addition, microscopic sections of skin are evaluated by Computerized Image Analysis method and the efficiency of this method in forensic medicine practice is discussed.

For this purpose, 30 cases died due to electrocution caused by contact of skin with an electrical source at home or work place; 30 cases died in a fire and showing flame burns on skin; and 30 cases died in a traffic accident without being treated and showing abrasions on skin are examined in 3 groups, and skin samples taken from the cases are compared considering histological and morphometric features.

Intraepidermal blister formation is most frequently seen in electrocution lesions, whereas subepidermal blister formation is most frequently observed in flame burns. Compared to the other two groups, frequency of epidermal necrosis is found significantly lower in the abrasion group. Electrocution group is the group with the highest intensity of nuclear elongation in keratinocyte. Abrasion group is the group with the most pronounced hyperchromatic nucleus in keratinocyte and the most pronounced homogenization in dermis.

Using the Computerized Image Analysis method, maximum axis in keratinocyte nucleus is measured highest in the electrocution group, whereas minimum axis is measured highest in the abrasion group. The criteria “nuclear form factor”, so far mainly used in tumor pathology, is found significantly higher in electrocution lesions, and proved to be a valuable criteria in differential diagnosis.

**Key words:** Electrocution, flame burn, abrasion, morphology, computerized image analysis

## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

”Mavi renkte bir ışık parlaması, yüksek sesli bir vızıldama, bazen patlama sesi ve varsa şahitlerin çığlıkları. Kurban ya bir bez bebek gibi kenara fırlatılmıştır ya da halen ölümüne sebep olan kaynağa bağlı haldedir “ Bu cümleler, yanık ünitesinde çalışan ve elektrik çarpması sonucu bir bacağını ve kolunu kaybeden eşinin tedavisinde görev alan bir hemşirenin sözleri (10). Gerçekten de evlerimizi aydınlatan, araçlarımızı çalıştıran elektrik enerjisinin karanlık, ürkütücü bir yüzü vardır. Elektriğin kullanım alanı genişledikçe neden olduğu yaralanma ve ölümlerde de artış görülmektedir.

Elektrik çarpması ile meydana gelen ölümlerde deri lezyonunun görülmesi ve bu alandan alınan dokunun patolojik incelemesi tanıyı koydurur ancak elektrik yanıkları ve alev yanıkları benzer morfolojik özellikler gösterdiğinden adli tıp pratiğinde bu iki lezyon arasında ayırım her zaman yapılamamakta, bazı olgularda patoloji raporunda “ısı etkisi ile uyumlu değişiklikler ” şeklindeki bir tanıdan öteye gidilememektedir. Ayrıca bazı künt travmalarda deride sıyrık tarzı lezyonların histopatolojik incelemesinde elektrik çarpması lezyonlarına ve alev yanığına benzer histolojik özellikler izlenmektedir. Bu nedenle şüpheli bir lezyonda kesin patolojik tanıya ulaşılamaması, adli raporun yazımında kararsızlığa ve çelişkilere yol açabilmektedir.

Bu tezin amacı elektrik çarpması, alev yanığı ve abrazyon türü deri lezyonlarında,

- deriye ait mikroskopik kesitleri ışık mikroskopu ile inceleyerek ayırıcı tanıda yardımcı olabilecek anlamlı histopatolojik özellikleri saptamak
- deriye ait mikroskopik kesitleri Bilgisayarlı Görüntü Analizi tekniği ile değerlendirerek ayırıcı tanıda yardımcı olabilecek morfometrik değişiklikleri saptamak ve bu yöntemin adli tıp pratiğinde yararlı olup olmayacağını araştırmaktır.

## **2.GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Yara ve yaralanma**

Fiziksel ya da kimyasal bir etkenin vücutta oluşturduğu hasara “yara”, hasarın meydana gelmesine “yaralanma” adı verilmektedir. İnsan vücudunda herhangi bir dokuya kuvvet uygulanması doku hasarına neden olur. Bu hasarın derecesi gözle görülemeyecek ancak ışık ya da elektron mikroskopu ile tespit edilebilecek kadar hafif olabileceği gibi anatomik yapının tamamen bozulmasına kadar geniş bir spektruma yayılabilir. Yeterli kinetik enerjiye sahip olan ve vücuda isabet eden yumruk, sopa, taş, bıçak, balta, cam, mermi çekirdeği gibi sayısız cisim ya da alet vücutta yara oluşumuna neden olabilir. Yine yaralanma nedenlerinden olan yüksekten düşme, trafik kazası gibi olaylarda fizik etki vücudun tümü üzerine etkilidir. Bu olaylarda hareketli olan vücudun yere ya da sabit bir cisme, hareketli olan vücudun hareketli bir cisme veya hareketli olan cismin sabit duran vücuda çarpması sonucu yaralanma meydana gelir. Bunlardan başka ısı, elektrik akımı gibi çok değişik fiziksel etkenler ve her türlü kimyasal ajan da vücutta çok çeşitli nitelikte hasarlar oluşturabilir (47).

#### **2.1.1. Yaraların oluşum mekanizması**

Dokularda oluşan hasarın niteliği şu değişkenlere bağlıdır:

##### **2.1.1.1.Darbe esnasında dokuya transfer edilen enerjinin özellikleri**

###### **a) Enerji miktarı**

Yarayı oluşturan cismin enerjisi, kütlesi ile ve hızının karesi ile doğru orantılıdır. Bu nedenle ateşli silah mermi çekirdeği kütlesi az olduğu halde hızı çok yüksek olduğundan ağır yaralanmaya neden olur.

###### **b) Transfer süresi**

Enerjinin transfer süresi uzadıkça hasar verici etkisi azalır. Vücudun darbe ile aynı yöndeki hareketi transfer süresini uzatırken zıt yönlü hareketi veya sabit duruş transfer süresini kısaltarak hasarın artmasına neden olur.

###### **c) Transfer alanının genişliği**

Enerjinin dokuya transfer olduğu alan genişledikçe birim alana düşen enerji miktarı azalacağından meydana gelecek hasar da azalır.

### **2.1.1.2. Yarayı oluşturan cisim**

#### **a) Cismin yapısı ve niteliği**

Cismin yapısı ve şekli enerji aktarımını etkileyeceği için önemlidir. Çarpma yüzeyi sivri ya da keskin ise birim alana aktarılan enerji fazla olacağından o alanda delinme ya da yırtılma tarzında lezyonlar daha kolay oluşur. Ayrıca çarpma esnasında esneyebilen cisimler enerjinin bir kısmını şekil değiştirme için harcayacaklarından sert bir cisme göre daha az hasar verir.

#### **b) Çarpma açısı**

Vücuda dik isabet eden cisimler dokuya daha fazla enerji aktarımına neden olur.

#### **c) Çarpma esnasındaki durumu**

Cisim çarpma esnasında kırılırsa enerjinin önemli bir bölümünü bunun için harcadığından daha az hasar oluşur.

### **2.1.1.3. Yaranın meydana geldiği vücut bölgesi**

#### **a) Etkilenen dokuların yapısı**

Deri, derialtı dokusu ve adaleler elastikiyete sahip dokular olduğu için şekil değiştirmeleri için genellikle penetran bir yaralanmanın olması gereklidir. Derinin altındaki kemikle yakın temas halinde olduğu kafa, diz kapağı, pretibial bölge gibi alanlarda künt travma laserasyona neden olabilir.

#### **b) Etkilenen dokunun darbe sırasındaki durumu**

Vücudun kısımları darbe esnasında çeşitli yönlere hareket kabiliyetine sahiptir. Böylece aktarılan enerjinin bir kısmı bu hareket için harcanır. Oysa vücudun bu bölgesi bir yere dayanmış ve hareket etmiyorsa enerjinin tümü aktarılacağından hasar daha fazla olur (55).

## **2.1.2. Yara Tipleri**

### **2.1.2.1. Fiziksel faktörler**

#### **a) Mekanik kuvvetlerle meydana gelen yaralar**

**Kesici alet yaraları:** Jilet, ustura, cam, teneke, bistüri gibi kesici aletlerin keskin yüzeylerinin dokulara sürtülmesi ya da bastırılması ile meydana gelen yaralardır.

**Delici alet yaraları:** Tornavida demir çubuk, tahta kazıklar gibi aletlerle meydana getirilebilen bu tür yaralarda yara derinliği deride izlenen yaranın boyundan çok daha fazladır.

**Kesici ve delici alet yaraları:** Bu tip yaralar bir yüzü veya her iki yüzü ile birlikte burun kısmı keskin olan aletlerle örneğin bıçak, çakı, makas, kama, hançer gibi aletlerle meydana gelen yaralardır.

**Kesici ve ezici alet yaraları:** Hem ağırlıkları hem kesici yüzeyleri ile yaralanmaya neden olan bu aletlere örnek olarak balta, keser, kılıç, satır verilebilir. Abrazyon, laserasyon, ekimoz, kırıklar, iç organ yaralanmaları, damar kesilerine neden olabilirler.

**Künt nitelikli cisim ya da aletlerle meydana gelen künt travmatik yaralar** (abrazyon, ekimoz, laserasyon, kırık ve çıkıklar)

**Ateşli silahlar, bombalar, patlayıcılar il meydana gelen yaralar**

- b) Isı yaralanmaları (Sıcak, soğuk)
- c) Elektrik yaralanmaları
- d) Barotravma
- e) İyonizan ışın yaralanmaları

#### **2.1.2.2. Kimyasal maddeler:**

Bu maddeler dış temas, yutma, inhalasyon, aspirasyon, enjeksiyon (intradermal, subkutanöz, intramuskuler, intravenöz, intratrakeal veya periton, plevra boşluğuna enjeksiyon), rektal (lavman) yolu ile vücuda girerek etkili olurlar (47).

## **2.2. Isı Yaralanmaları**

Isı yaralanmaları, yüksek ısı yaralanmaları (sistemik hipertermi, yanıklar) ve hipotermi şeklinde sınıflandırılabilir.

### **2.2.1. Yanıklar**

Yanık sonucu ölümler adli tıbbın önemli konularından biridir. Vücuda dıştan ısı uygulanması sonucu dokuda ısıya bağlı hasar meydana gelir. Bu yaralanmaların kaynakları şunlardır:

#### **a) Kuru ısı**

Sıcak cisimlerle temas ya da vücudun alevle teması sözkonusudur. Deride hafif yanıkdan kömürleşmeye kadar farklı derecelerde lezyonlar oluşur.

**b) Sıcak sıvı veya gaz**

Özellikle su, yağ gibi sıcak sıvılarıyla veya buharla temas sonucu meydana gelir. Bu yanıklarda kıllarda yanma olmaksızın deride yanık oluşur.

**c) Kimyasal maddelerle meydana gelen aşınma türündeki yanıklar**

Asit ve alkali maddeler (sülfürik asit, kostik soda, vb.) ile temasta dokunun hasara uğrama derecesi maddenin cinsine, miktarına, konsantrasyonuna, temas süresine ve vücuda penetrasyonunun genişliğine bağlıdır.

**d) Elektrik yanıkları, yıldırım**

**e) X ışınları ve ultraviyole ışınları**

**f) Patlayıcı madde ve bombalar (4,56).**

Isının meydana getirdiği hasarın derecesi uygulanan ısının derecesine, ısının uygulandığı süreye bağlıdır. Yanıkların yeri, yaygınlığı ve niteliği tarif edilmelidir (3).

Genellikle vücut yüzeyinin %20'sini aşan yanıklar ciddi yanık olarak kabul edilir. Ancak yüz, el, ayak ve genital bölge gibi yaşamsal alanları içeren bu orandan daha küçük yanıklar ile elektrik, yıldırım ve kimyasal maddelerle olan yanıklar da büyük oranda önem taşırlar. Hücresel hasar dokudaki sıcaklığın 44°C'nin üzerine çıkması ile başlar. Yaralanmanın derecesi ve yaygınlığı yakıcı ajanın sıcaklık derecesi ve büyüklüğü yanı sıra maruz kalma süresi tarafından belirlenir.

Yaşayan kişilerde yanığın genişliği lezyonun vücutta kapladığı yüzeyin miktarına göre belirtilmektedir. Yanığın şiddeti ise yaranın derinliğine göre belirlenir. Birinci derecede yanık yüzeysel epidermis hasarı ile seyredir. Ağrılı ve kuru görünümlüdür. İki-üç günde iyileşir. İkinci derece yanıklar yüzeysel ve derin olmak üzere ikiye ayrılır. Yüzeysel yanıklarda aşırı ağrı, hiperemi ve bül oluşumları vardır, lezyon 10-20 günde iyileşir. Derin yanıklarda ise solukluk, ağrı, bül oluşumları mevcuttur ve 21-28 günde iyileşir. Üçüncü derece yanıklarda epidermis ve dermisin tüm katlarını tutan yanık sözkonusudur. Damarlanma ve ağrı duyusu yoktur. Koagülasyon nekrozu ile karakterizedir (4).

Başka bir sınıflamada ise ısı hasarı 4 evrede incelenir. Birinci evre ısı hasarının en hafif formu olup bu evrede eritem, ödem izlenir. Deride kapillerlerde genişleme mevcuttur. İkinci evrede hasar bölgesinde yanığa bağlı kabarcıklar yani veziküller izlenir. Üçüncü evrede ısı etkisi ile deri ekleri ve deri altı dokusu da zarar görmüştür. Merkezde koagülasyon nekrozu meydana gelir, epidermis ya tamamen



yıkılmıştır ya da dermisden ayrılmış homojen likefiye bir tabaka haline gelmiştir. Çevre epidermiste hafif termal hasardan hasarsız deriye doğru tedrici geçiş görülür. Dördüncü evre ısı hasarlarında derin yanık ve kömürleşme meydana gelir (56).

### **2.2.2. Alev yanıkları ve adli tıpta karşılaşılan sorunlar**

Yangın sonucu ölümlerin çoğu evlerde sigara içme, elektrik sisteminin veya ısıtıcıların bozuk oluşu, çocukların kibrit ile oynamaları gibi olaylar sonucunda meydana gelir ve genellikle kaza orijinlidir. Bu tür ölümler sıklıkla yenidoğan, çocuk ve yaşlılarda görülmektedir. Çocuklar bazan yangını başlatabilirler, yangın esnasında korkarak yatak altlarına ya da banyoya saklanabildiklerinden yangında en fazla ölen grubu oluştururlar. İlaç veya alkol etkisi altında bulunan ve yangın başladığında kaçma kabiliyeti olmayan yetişkinlerde de bu tip ölümler görülebilir. Yanıklara bağlı ölümler ayrıca uçak ya da otomobil kazalarında, sanayide bazı sıvıların patlaması ya da fırından çıkan alevler nedeni ile meydana gelebilirler. Olayların yarısından çoğu kaza olsa da kişinin cinayet amacıyla canlı iken yakılması veya öldürüldükten sonra delillerin yok edilmesi amacıyla yakılması ya da kişinin intihar amacı ile kendini yakması şeklinde farklı orijinler de görülebilir. Alev yanıklarında vücuda temas eden alev deride hafif yanmadan kömürleşmeye kadar değişen şiddetlerde yanık meydana getirir. Ölümle sonuçlansın ya da sonuçlanmasın yanıklar adli tıbbın önemli konularından biridir. Isıya bağlı ölümler doğal olmayan ölümlerdir. Kişinin kimlik tespiti yapıldıktan sonra açıklığa kavuşturulması gereken pek çok nokta vardır:

- 1- Yangın sırasında kişi canlı mıydı?** Kanda karbonmonoksit konsantrasyonu ölçülmeli, otopside distal hava yollarında karbon partikülleri aranmalıdır.
- 2- Olayın orijini nedir?** Olguların çoğu kaza sonucu meydana gelse de intihar ve cinayet olasılığı akıldan çıkarılmamalıdır. Kömürleşme derecesinde yanıklarda dışdaki yaralar ortadan kalkmış olabilir.
- 3- Ölüm nedeni nedir?** Yangınlarda ölümler yangın yanı sıra akut karbon monoksit zehirlenmesi, diğer toksik gaz zehirlenmeleri, duvar veya diğer yapıların kişinin üzerine yıkılması, korkuya bağlı şok sonucu da gelişmiş olabilir.

**4- Ölümüne neden olmuş ya da katkıda bulunmuş doğal hastalık mevcut mu?**

Kişi yangın başlamadan önce ani kalp yetmezliği gibi başka bir nedenden ölmüş olabilir. Ayrıca yangın cinayet sonrası suçun saklanması amacıyla başlatılmış olabilir.

**5- Yanıklar antemortem mi, postmortem mi meydana geldi?**

**6- Kişide travmatik yaralar mevcut mu?** Isıya bağlı gelişen postmortem artefaktlar travmatik yara zannedilebilir. Çok yüksek sıcaklık dokuda kesici yaralara ve laserasyonlara benzeyen yırtılmalara neden olabilir. Yine kafa içi kanamaları ve kafa kırıkları kömürleşmiş cesetlerde sıkça görülen ısıya bağlı artefaktlardır. Ancak önceden meydana gelmiş travmatik yaraların dış yanıklar yüzünden görülemeyebileceği akılda tutularak özellikle derialtı dokusu, kaslar ve iç organlar yaralar açısından incelenmelidir (47,56).

### **2.3. Elektrik Yanıkları**

Elektrik akımı, yüklü partiküllerin bir devre içerisinde bir noktadan diğerine akışıdır. Elektrik çarpması, bir elektrik kaynağı ile temas sonucu elektrik akımının vücuttan geçmesi ile meydana gelen yaralanma veya ölümü tanımlamaktadır (19,22).

1855’de ilk ışıklı ampulün icadıyla birlikte toplumlar yapay elektrik enerjisi ile tanışmıştır. Elektriğin keşfi insanların yaşamını önemli ölçüde değiştirmiş, bu enerji evlerde, işyerlerinde çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kullanım alanının genişlemesine paralel olarak elektrik akımının neden olduğu yaralanma ve ölümlerde artış görülmüştür. Yapay elektrik akımına bağlı ilk ölüm olgusu 1879 yılında Fransa'nın Lyon şehrinde dinamoda çalışan bir marangozun ölümüdür ve bu olgu elektrik nedeni ile meydana gelen ilk iş kazasıdır (26). Elektrik akımı evlerde ve sanayide kullanılmasının yanı sıra elektrokardiogram, elektromyogram, elektroşok tedavisi, koterizasyon gibi pek çok tıbbi uygulamada da kullanılmaktadır (1).

Elektrik akımı ile meydana geldiği düşünülen ölümlerde en değerli bulgu deri lezyonudur (28,57). Deri lezyonunun görülmesi ve bu alandan alınan dokusunun patolojik incelemesi tanıyı koyduracaktır. Ölümün elektrik çarpması sonucu meydana geldiğinin saptanması, enerjinin kaynağı olarak örneğin hatalı üretilmiş bir elektrikli aletin ya da hatalı üretilmiş bir kauçuk iş eldiveninin tespit edilerek başka insanların

yaralanmasının önleyebilmesi açısından çok önemlidir. Ayrıca iş kazaları sonucu meydana gelen ölümler tazminat davaları açısından önem taşımaktadır (56).

Birçok faktör elektrik akımı lezyonların oluşumunu ve şiddetini etkileyebilmektedir.

### **2.3.1. Elektrik lezyonlarının oluşumunu ve şiddetini etkileyen faktörler**

#### **a) Elektrik devresinin tamamlanıp tamamlanmaması**

Vücut şarjlı bir cisme, başka bir deyişle bir elektrik kaynağına temas ettiğinde elektron akışı olması gerekmektedir. Eğer akım vücuda bir bölgeden girip bir başka bölgeden çıkmıyorsa, devre tamamlanmamış olacağı için dokularda herhangi bir yaralanma ya da ölüm meydana gelmeyecektir (17).

#### **b) Akımın gerilimi**

Elektronlar potansiyel farklılık gösteren iki nokta arasında hareket ederler, buna gerilim denir ve Volt (V) terimi ile ifade edilir (22,52). Ülkemizde evlerde 220 Volt 50 Hertzlik monofaze akım kullanılmaktadır (1). 1000 volttan yüksek gerilim yüksek voltaj olarak kabul edilir (19,53).

Dokularda meydana gelen sıcaklık artışı voltajın karesi ile doğru orantılıdır ancak bazen 110 volt öldürücü olurken çok yüksek voltajlar kişiyi kaynaktan uzağa fırlattığından ölüme neden olmamaktadır (1,52). Alternatif akımın fizyolojik hasarını belirleyen akımın frekansıdır, frekans cps (*circles per second*) ya da hertz (Hz) ile ifade edilir. Elektriğin polaritesinin saniyede 50 defa pozitiften negatife değişmesi 50 Hz'lik akım olarak ifade edilmektedir. 50-60 Hz gibi düşük frekanslı akımlar aynı akım şiddetindeki yüksek frekanslı akımlardan daha tehlikelidir (1,20,52).

Adli tıpta elektrik akımı ile ölüm genellikle 110-380 V arasında görülür çünkü bu, evlerde ve endüstride kullanılan voltaj aralığıdır. Bununla birlikte Zang peng, normalde sadece bir karıncalanma hissi yaratabilecek 80 voltluk akımla ölen kaynak işçilerini sunduğu çalışmasında, bu ölümlerin nedenini nemli ve sıcak ortam nedeniyle oluşan halsizlik hissi ve reaksiyonlarda yavaşlama ile birlikte, düşük voltajın neden olduğu kas paralizisi sonucu elektrikli aleti bırakamamaya bağlamıştır (46).

### **c) Elektrik akımının cinsi**

Doğru akım ve alternatif akım olmak üzere iki çeşit akım vardır. Doğru akımda, devredeki akımın yönü ve şiddeti sabittir. Alternatif akımlı elektrik devrelerinde yüklü partiküller iletken içerisinde sürekli ileri geri hareket ederler fakat elektromanyetik alan dalgalarından oluşan elektrik enerjisi akışı tek bir yöne doğrudur (22). Evlerde ve sanayide alternatif akım kullanılmakta, doğru akım ise aküden, pilden ya da bir transformatör ile alternatif akımdan elde edilmektedir. Alternatif akım daha tehlikeli olup 4-6 kat daha fazla ölüme neden olmaktadır. 50-80 miliamper (mA) bir alternatif akım ölüme neden olurken 250 mA doğru akım sıklıkla ölüme neden olmamaktadır. Bunun nedeni doğru akımın tek bir kas kontraksiyonu ile kişiyi akım kaynağından uzaklaştırması, alternatif akımın ise tetanik kas spasmlarına neden olarak kişinin akım kaynağını bırakmasını engellemesidir (20,52). Ayrıca alternatif akım doğru akıma göre daha fazla ventriküler fibrilasyona ve solunum durmasına neden olmaktadır (54).

### **d) Akımın şiddeti**

Saniyede geçen elektronların sayısı “akım şiddeti” olarak isimlendirilir, ölçü birimi Amper’dir (19, 52). Elektrik çarpması sonucu ölümlerde en önemli faktör akım şiddetidir. Ohm kanununa göre akım şiddeti, voltajın doku direncine bölünmesi ile hesaplanır (19). Akımın şiddeti uygulanan voltajla doğru orantılı, direnç ile ters orantılıdır (17). Dokunun elektrik akımına karşı direnci arttıkça akım şiddeti azalmaktadır (52).

### **e) Akımın vücutta izlediği yol**

Elektriğin en sık giriş yeri ellerdir bunu baş bölgesi takip eder (20). Bir koldan diğer kola ya da bir koldan bacağına giden akımlar kalp üzerinden geçebileceğinden tehlikelidir (1). 50-80 mA’lik akımın kalp üzerinden birkaç saniyeden fazla süre geçmesinin ölüme neden olacağı kabul edilmektedir (52).

### **f) Akımın dokulardan geçtiği süre**

Akımın geçtiği süre uzun olursa doku hasarı daha fazla oluşmaktadır. Ayrıca akımın geçmesi ile meydana gelen doku hasarı dokunun direncini düşüreceğinden geçen akım daha da artacak, yanık ve nekroz görülecektir (1). Örneğin 110 ya da 220 V akımlarda elektrik akımı dokudan uzun süre geçecek olursa yüksek volt akımlarda

görülen yaygın ve şiddetli ısı yanıkları, karbonizasyon, derin doku hasarı izlenebilir (52).

### **g) Vücut dokularının direnci**

Dokular elektrik akımı geçişine karşı bir dirence sahiptirler ve bu Ohm ile ölçülmektedir (1). Direnç iki nedenden ötürü önemlidir: 1- Elektrik akımı direncin an az olduğu yolu takip etmeye meyillidir. 2- Elektrik akımı dirençle karşılaşınca ısı üretimi meydana gelir. Dokunun direnci arttıkça daha fazla ısı üretilir (19). Tüm vücut dokuları elektrik akımına geçirgendir ancak direnç dereceleri su içeriklerine göre değişmektedir. En yüksek dirençli bölgeden en aza doğru sıralama yapılacak olursa: kemik, yağ, tendon, deri, kas, kan, sinir şeklinde sıralamak mümkündür (13). Keratin tabakasının kalınlığı deri direncinde önemlidir. Bu özellikle lezyon avuç içi ve parmak ucunda ise belirgindir (52). Kuru derinin direnci yüksek iken ıslak derinin veya su içindeki derinin direnci azalır (34). Kuru avuç içi derisinin direnci 1 milyon Ohm iken nemli olduğunda direnç 1200 Ohm'a düşer (52). Deri ne kadar kalınsa direnci o kadar yüksek olur ve ısı üretimi artar, yanık şeklinde lezyon izlenir. Zarara uğramış deride de direnç düşecektir (20,34).

### **2.3.2. Elektrik kazalarında ölüm mekanizmaları**

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 (54). Akım genellikle bir elden girer (elektrikli aleti tutan elden) ve bir çıkış noktasından vücudu terk eder (52). Akımın en sık girdiği bölgeler el ve baştır (19). En sık çıkış yeri ayaklar, bacaklar ve ellerdir (27).

İnsan vücudundan geçen elektrik akımı şu mekanizmalarla ölüme neden olur:

#### **a) Ventriküler fibrilasyon**

En sık görülen ölüm nedenidir. Akım kalpten geçtiği zaman, ki bu genellikle bir elden girip diğer elden çıkan ya da bir elden girip ayaktan çıkan akımlarda olur, elektrik akımı myokarda ileti sistemini bozmakta, miyokardiyal sinsityuma, nodlara ve ileti sistemine etki ederek kardiyak aritmi, bunu takiben fibrilasyon ve sonunda arreste neden olmaktadır (52).

#### **b) Solunum kasları spasmı**

Daha az görülen ölüm mekanizması solunum felcidir. Akım, göğüs ve karından geçtiği zaman interkostal kaslarda ve diyaframda spasma neden olarak solunum felcine yol açmaktadır (52).

#### **c) Solunum ve dolaşım merkezlerinin felci**

Akım kafadan geçerse beyin sapı etkilenebilir. Bu özellikle başının üzerindeki enerji hatları ile temas eden işçilerde görülür. Bu durumda akımın beyin sapına direkt etki sonucu solunum ve dolaşım merkezlerinin etkilenmesi ile ölüm meydana gelmektedir. Bazen kalp durmasını takiben yapılan resüstasyon ile kalp çalışmaya başlar ancak beyin sapından geçen akımın ısı etkisi nedeni ile solunum merkezi hasar görmüşse solunum başlayamaz (17,52).

#### **d) Termal yanıklar**

Akımın geçtiği alanda yanık oluşmakta, hipovolemik şok, septik şok, geç dönemde böbrek yetmezliği gibi komplikasyonlar gelişebilmektedir (1). Özellikle yüksek voltajlı elektrik akımında yanığa bağlı yaygın doku hasarı sözkonusudur (54).

#### **e) Travma**

Elektrik akımına kapılarak yüksekte düşme, savrulma nedeni ile travmatik yaralanmalar olabilmekte, bazen çok şiddetli kas spasmaları sonucu kemik kırıkları izlenebilmektedir (52).

### **2.3.3. Elektrik çarpmasına bağlı ölümlerde olayın orijini**

Elektrik akımı ile ölüm nadir görülen bir durumdur ve bu ölümlerin çoğu kaza sonucudur. İntihar nadir, cinayet ise daha da nadir görülür (17).

#### **a) Kaza sonucu ölüm**

Evlerde ve sanayide elektrik akımına bağlı ölüm olgularının çoğunda orijin elektrikli aletler ile meydana gelen kazalardır (1,63). Kişi ile ilgili faktörlere (dikkatsizlik, bilgisizlik, acelecilik, alkol alımı, genel vücut rahatsızlığı) ya da elektrikli aletin kusurlu oluşuna (izolasyonun yetersiz oluşu, koruyucu topraklanmanın eksikliği, yanlış topraklanma, kısa devre, ışıklandırmanın yetersiz oluşu, bozuk aletler) bağlı

meydana gelir (55).

#### **b) Elektrikle intihar sonucu ölüm**

Bir teli ekstremiteye bağlama, ağıza sokma yoluyla ya da elektrik direğine tırmanma sonucu intihar görülebilir (24,55). Elektrik akımı ile intihar oldukça nadir olup daha çok elektrikle ilgili işlerde çalışan erkekler tarafından kullanılan bir yöntemdir (1,8,22,48).

#### **c) Cinayet**

Nadir görülen bir durum olup cinayet şüphesi bulunan olgularda olay yeri incelemesinin dikkatli yapılması önemlidir (55). Kişinin geçeceği yol üzerinde elektrik telini karşıdan karşıya geçirme ya da dokunacağı bir cismi elektrik devresine bağlama, banyoda küvetteki suya elektrik verme ya da bileklere tel sarma yolları ile cinayet gerçekleştirilebilir (2).

#### **d) Elektrik ile idam**

Alternatif akım jeneratörüyle çalışan elektrikli sandalyeler idam için kullanılan yöntemlerden biridir (32).

#### **e) Yıldırım Çarpması**

Yıldırım, yüklü fırtına bulutlarının elektrik yükünü toprağa boşaltmasının sonucu olarak ortaya çıkar. Yıldırım doğrudan kişiye isabet edebileceği gibi ark yaparak ya da kişinin temas ettiği iletkene isabet ederek de ölüme ya da yaralanmaya sebep olabilir (20,52,57).

Elektrik çarpmalarında özellikle deri lezyonu izlenmeyen olgularda olay yeri incelemesi büyük önem taşımaktadır. Olayın tanığı mevcut ise ifadeleri alınır, çevrede bulunan elektrikli aletlerin ya da elektrik aksamının teknik bilirkişi tarafından kontrol edilmesi olayın çözülmesi açısından çok önemlidir (26,56).

### **2.3.4. Elektrik çarpmasında genel otopsi bulguları**

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. Elektrik akımı el

ayası, parmak ucundan girip ayak tabanından çıkmaya meyillidir (17). Lezyonu araştırırken rigor motris nedeni ile güçlü şekilde fleksiyon durumuna gelen ekstremiteler düz hale getirilmeli ve özellikle parmaklar dikkatle incelenmelidir. Ülserler elektrik yanıklarından ayırt edilmelidir. Saçlı deri, avuçlarda deri kıvrımları ve parmak araları, yanı sıra genital bölge, anüs, dil, yanak mukozası da giriş lezyonu açısından incelenmelidir (52,56). Çıkış lezyonu sık görülmez ama diğer ele ve ayaklara bakmakta yarar vardır (52).

Elektrik çarpmasında otopside izlenen iç organ bulguları spesifik değildir. İnterkostal kaslar ve diyaframda spasm veya paralizi sonucu meydana gelen ölümlerde iç organlarda konjesyon belirgindir (1).

### **2.3.5. Elektrik akımının deride meydana getirdiği lezyonlar**

Deri, epidermis ve dermis olmak üzere iki temel tabakadan oluşmaktadır. Dermis altında yağ bağ dokusundan oluşan subkutan doku bulunur. Epidermis ince koruyucu bir tabaka olup kalınlığı 150 mikrometreden azdır ancak el ayası ve ayak tabanında kalınlığı 600 mikrometreye ulaşır. Epidermisin en dışında temel olarak keratinden yapılmış olan stratum korneum vardır. Dermis, hidrate glikoprotein matriks içinde yerleşmiş fibroelastik bağ dokusundan meydana gelir ve derinin sağlamlığını, mekanik gücünü sağlar (31).

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 (1,52). Bu lezyonun nedeninin epidermis ve dermisten geçen elektrik akımından kaynaklanan ısı artışı olduğu ileri sürülmektedir. Direkt temasın olduğu alanlarda ısı 95 °C’ye kadar çıkabilmektedir (52). Bir elektrik akımının deride görünür lezyon oluşturup oluşturumaması şu iki özelliğe bağlıdır:

- 1- Deri alanı
- 2- İletkenlik

İletkenlik nem içeriğine göre değişir. Akım geniş bir alandan geçerse ve yüzey nemli ise ısı etkisi nispeten azalacaktır, bunun nedeni birim alanda direncin az olmasıdır (52).



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 (17,52,55). Ayrıca su deri ısısının yükselmesini de engeller (25). Bu olgularda olay yeri inceleme sonuçları büyük önem taşır.

Deride elektrik yanıkları makroskopik olarak 3 grupta incelenir:

- a) Sıkı temas yanıkları: Elektrik kaynağı ile deri sıkı temas halindedir (1).
- b) Ark yanıkları: Yüksek voltaj hattına yakın duran kişiye akım kıvılcım şeklinde atlayabilir (1,17). Bu tür yanıklar genellikle elektrik şebekesinde çalışan kişilerde, yüksek voltaj taşıyan telleri çalmaya çalışan hırsızlarda görülebilmektedir. Tellerle temas gerekmez, kıvılcımların atlaması ile deride alev yanıkları meydana gelir (56).
- c) Dendritik yanıklar: Yıldırım çarpmasında ya da çok yüksek voltaj yaralanmalarında meydana gelen bu yanıklarda ağaç dalları şeklinde deri lezyonları izlenir (1).

Elektrik akımının deride neden olduğu hasar küçük sınırlı bir lezyon olabileceği gibi derinin geniş kısımlarını içine alan ve tüm deri kalınlığını tutan nekroz şeklinde de karşımıza çıkabilir. Tipik elektrik akım izi yuvarlak, oval veya uzunlamasına bir krater şeklindedir. Kraterin tabanı genellikle soluk veya koyu kahverenkli (28,57). 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 (52). 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 (28,52,55,57).

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

Ölümcül elektrik çarpmaları, büyük olasılıkla yüksek iletkenliği olan damar içi kan sütunu ile kalpten geçen akımlardır. Hasta elektrik çarpması olduğunda

topraklama görevi görmüşse elektrik akımı, ilk temas kurulan nokta (genellikle kol ya da el) ile topraklamanın olduğu nokta (genellikle ayak) arasında seyrederek ve ilişki noktalarında elektrik akımına bağlı yoğun ısı yanıkları oluşabilir. Elektrik çarpmalarında enerjinin giriş ve çıkış deliklerinin bulunması önemlidir. Giriş yerinde küçük bir yanık dokusu izlenirken, çıkış yerinde yoğun bir ısı yaralanması saptanabilir (4).

### 2.3.6. 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. Bir görüş elektrik lezyonlarının elektrik enerjisinin meydana getirdiği ısı etkisi ile oluştuğunu savunurken diğer görüş elektrik akımının ısı etkisinin yanı sıra histopatolojik olarak saptanabilen başka değişikliklere de neden olduğunu ileri sürmektedir.

Deride elektrik hasarının oluşum şekilleri:

- 1- Termal hasar
- 2- Elektroporasyon hasarı

**Termal hasar:** 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 artırır. Isı yeterince yükselince proteinler, fosfolipidler gibi hücre membran komponentlerinde hasar meydana gelir (36,37,53).

**Elektroporasyon hasarı:** Elektrik akımı dokudan geçtiği zaman o bölgede ısı üretimi meydana gelmesinin yanı sıra elektrik akımının iyonik solusyonlardan geçmesi ile dokuda elektroliz meydana gelir, 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 (36,37).

Temas süresi lezyonun oluş mekanizması açısından önemlidir. Elektrik kaynağı ile temas süresi kısa ise hücre hasarında termal olmayan mekanizmalar ön plana geçerken kontakt süresi uzarsa termal hasar daha ön plana geçer. Termal hasarın düzeyi hücrenin boyutuna bağlı değilken büyük hücrelerin elektroporasyon ile membran yıkımına daha duyarlı oldukları ileri sürülmektedir (21,29).

Elektrik akımının anında görülen etkilerinin yanı sıra gecikmiş etkileri de mevcuttur. Klinikte elektrik akımının etkisinin iki aşamalı olduğu bildirilmektedir. Elektrik akımına maruz kalındığı anda oluşan hasar yanında olaydan saatler sonra meydana gelen ilerleyici doku hasarından söz edilmektedir ancak bu konuda tam bir fikir birliği yoktur (33). Zelt ve ark. (70) tüm hasarın ilk anda meydana geldiğini ileri sürerken Robson ve ark. (49) prostaglandin, tromboksan gibi hasar bölgesinde salınan humoral komponentlerin neden olduğu iskemi sonucunda ilerleyici bir doku hasarının meydana geldiğini ileri sürmüştür. Kalkan ve ark. (33) elektrik akımı yaralanmalarında termal hasarın dinamiğini ve yüksek voltajlı elektriğin kısa ve uzun dönemdeki etkilerini araştırmak üzere yaptıkları çalışmalarında, nekrozun başlamasından sonra geçen zamanla birlikte kas perfüzyonunun azaldığını, bu nedenle dokuda ilerleyici nekrozun oluştuğunu göstermişlerdir. Ayrıca direnci yüksek olan kemik dokusunun çevre yumuşak dokuya göre daha çok ısındığı ve sıcaklığı yüksek kemiğin iskelet kasını yakarak nekroza neden olduğu ileri sürülmektedir (29,6,30).

Alternatif akımın frekansı yüksek ise iyonlar hareket etmeye fırsat bulamaz ve elektrik akımının tek etkisi ısı üretimi olur. Bu nedenle yüksek frekanslı alternatif akım elektrocerrahide kas kontraksiyonu, sinir stimülasyonu gibi lokal etkiler yapmadan ısı üretimi için kullanılabilen, karbonizasyondan koagülasyon nekrozuna kadar değişen ciddi ısı hasarı oluşturulabilmektedir (21,40). Ayrıca düşük enerjili doğru akımın elektrolitik etkisi kıl köklerini hasara uğratmak için (epilasyon) kullanılabilir (7).

### **2.3.7. Elektrik çarpmalarının adli açıdan önemi**

Elektrik çarpması sonucu ölüm doğal bir ölüm değildir. Günümüzde yapı sektörü ve sanayide kullanılan araçların büyük kısmı ev eşyalarının çoğu elektrikle çalışmaktadır. Elektrik enerjisinin yaygın kullanımı beraberinde kaza riskini de getirmektedir. Elektrik akımına bağlı ölümler çoğu zaman kaza sonucu meydana

gelirler. Kazaların çoğunun nedeni bozuk elektrikli araçlardır. Ölüm başkaları tarafından görülmemiş olsa bile olay yerinin incelenmesi elektrik çarpmasını düşündüren bazı delillerin ortaya çıkmasını sağlar. Kişinin bir elektrik devresi ile temas etmiş olduğunun gösterilmesi, elektrikli aletlerin belirlenmesi ve gerekirse bunların bir teknik personel tarafından incelenmesi önemlidir. Elektrik giriş ve çıkış lezyonlarının tespiti için dikkatli bir dış muayene yapmanın yanı sıra elbiselerin ve özellikle eldivenlerin incelenmesi de gereklidir. Her deri lezyonu dikkatli şekilde incelenmeli ve histolojik inceleme için örneklenmelidir (56).

#### **2.4. Künt travmatik yaralar**

Künt travmatik yaralar, hareket eden künt bir cismin vücuda darbesi ya da vücudun sert bir yüzeye doğru hareketi ile meydana gelir. Bu yaralar en sık görülen yara türleri olup kesici delici özelliği olmayan sadece ezici özelliğe sahip her türlü alet ya da cisimle oluşabilir. Tekme, yumruk gibi hareketler veya trafik kazası, yüksekten düşme gibi olaylarda da bu yara tipi sık görülür.

Künt travma ile oluşan yaralar şu şekilde sınıflanabilir:

##### **a) Künt cisim yarası**

Künt cismin uygulandığı kuvvet nedeni ile ezilme ve gerilme meydana gelir. Bunun sonucunda cilt ve dokularda yırtılmalar meydana gelir. Yara kenarları düzensiz olup dudaklar çevresinde sıyrık, ekimoz, ezilme gibi diğer künt travmatik yara tipleri görülebilir.

##### **b) Abrazyon**

Sıyrık ya da erozyon olarak da adlandırılır. Abrazyon, künt travmatik yaralar grubunda incelenen, en yüzeysel özellikteki yara tipidir.

##### **c) Ekimoz**

Travmanın etkisi ile yırtılan arteriol ve venüllerden açığa çıkan kan doku aralıklarına sızar. Ekimozlar genellikle cilt altında oluşurlar ancak gluteal bölge, uyluk, ayak tabanı gibi kas tabakasının kalın olduğu yerlerde de izlenebilirler.

##### **d) Hematom**

Travma sonucunda yırtılan damarlardan sızan kan doku boşluklarında birikirse hematom adını alır. Yüzeysel bölgelerde meydana geldiğinde ekimozdan farklı olarak yüzeysel kabarıklık oluşturur.

**e) Doku ezilmesi**

Künt travmalarda bazan ciltte yaralanma olmaksızın doku ezilmeleri meydana gelir. Bu durum iç organlarda meydana gelir ise hayati tehlike doğurabilir.

**f) Kemik kırıkları**

Travmanın etkisi ile iskelet sisteminde kırıklar meydana gelebilir.

**g) İç organ, damar, sinir yaralanmaları**

Künt travmalara bağlı olarak gerek iç organlarda gerekse damar, sinir yapılarında yaralanma izlenebilir (55).

**2.4.1. Abrazyon**

En yüzeysel yara tipi olan abrazyon genellikle deri yüzeyine sürtme kuvvetleri ile meydana gelmektedir. “ Epidermisin yaralanması” ve “derinin yüzeysel yaralanması” olmak üzere iki farklı tanımı vardır. Sadece epidermisin yaralanması şeklinde tanımlandığında kan damarları dermis yerleşimli olduğundan kanama olması beklenemez. Oysa epidermis dermis birleşim alanı dermal papilla yapıları nedeni ile kıvrıntılı özellikte olduğundan çoğu abrazyonda kanama görülür. O nedenle abrazyonun diğer tanımı olan “ derinin yüzeysel yaralanması” daha doğru gözükmektedir. Çünkü epidermis ile birlikte üst dermis yaralanmalarını da tanımın içine almaktadır. (47,52). Abrazyon türü yaraların çeşitli alt grupları vardır:

**a)Tanjansiyel abrazyonlar:** Lateral sürtünme nedeni ile derinin yüzeysel tabakası sıyrılır. Bu tür lezyonlar genellikle trafik kazalarında toprağa ya da asfalta sürtme sonucunda meydana gelir.

**b)Tırnak lezyonları:** Çocuk istismarı olgularında, elle boğmalarda, cinsel suçlarda genellikle boyunda yüzde kollarda tırnakların neden olduğu çizgisel abrazyonlar izlenir.

**c)Şekilli abrazyonlar:** Kuvvetin deri yüzeyine dik veya dike yakın uygulanması sonucu görülen bu abrazyon tipinde, abrazyonun şekline bakarak aletin cinsini saptamak mümkün olabilmektedir. Yüzeyi şekilli bir alet deriye temas etmiş ise ya da şekilli bir zemine düşme sözkonusu ise abrazyon kuvveti uygulayan cismin şeklini alır. Araba lastiği, radyatör kapağı şeklindeki abrazyonlar trafik kazalarında görülebilmektedir.

**d)Postmortem abrazyonlar:** Cesedin yerde sürüklenmesi, akarsuda sürüklenmesi, etrafa çarpması abrazyonlara neden olabilir (47).

#### **2.4.2. Abrazyon türü yaralanmaların adli tıp açısından önemi**

Adli olgularda dış muayenede izlenen tüm yaralar gerektiği gibi incelenmelidir çünkü yüzeysel ya da önemsiz gibi görünen yaralar adli açıdan önemli olabilir.

Basit bir lezyon olmakla birlikte vücudun bir bölgesinde izlenen abrazyon o bölgeye travma uygulandığını göstermesi açısından önemlidir. Abrazyonun özellikleri travma hakkında tahminlerin yapılmasını sağlayabilir. Boyunda izlenen hilal tarzındaki sıyrıklar elle boğmayı, ağız ve burun çevresindeki küçük sıyrıklar elle ağız ve burun tıkanmasını, genital bölge ve uylukların iç kısmında görülen sıyrıklar cinsel bir saldırıyı düşündürür. Sırtta vücut eksenine paralel biçimde çizgisel hatlar içeren geniş bir sıyrık kişinin yerde sürüklendiğini, el ayaları dirsekler ya da dizlerdeki sıyrıklar koşarken düştüğünü veya düşürüldüğünü gösterebilir. Ayrıca şekilli abrazyonlarda abrazyona neden olan cisim ya da aleti saptamak mümkün olabilmektedir. Abrazyonların yaşının tayin edilmesi için histolojik örnek alınmalıdır (47).

#### **2.5. Adli tıp uygulamasında yaralarla ilgili olarak cevaplandırılması gereken sorular:**

Adli tıp uygulamalarında yaranın lokalizasyonu, tipi, nasıl oluştuğu, ağırlık derecesi, öldürücü olup olmaması, zamanı ve orijini gibi noktalara açıklık getirilmesi gerekmektedir. Tıbbi kayıtlar ayrıntılı olarak tutulmalı ve bazı sorulara cevap verebilecek nitelikte olmalıdır:

##### **a) Yara ne tür bir travma, cisim ya da aletle oluşmuştur veya oluşturulmuştur?**

Yaranın sahip olduğu özellikler incelenince ne tip bir cisim ya da aletle ve nasıl oluştuğu konusunda bir kanaat belirtilebilir. Yaranın fotoğrafının çekilmesi sonradan başkaları tarafından değerlendirilmesi açısından önem taşır.

##### **b) Yaraların lokalizasyonu nedir?**

Yaraların lokalizasyonu yaralanmanın tarzını, orijinini, failin kastını saptarken kullanılan önemli tıbbi bulgulardandır. Yaraların lokalizasyonu tam olarak, anatomik noktalar kullanılarak yapılmalı ve ölçü kullanılmalıdır.

**c) Kaç çeşit yara vardır? Birden fazla yara var ise bunlar aynı tür müdür?**

Yara sayısı ve tespit edilen yaraların türü mutlaka belirtilmelidir. Yara sayısı olayın oluş tarzını orijinini ve failin kastını belirlemede kullanılacak önemli göstergelerdendir. Farklı türdeki yaralar farklı şekillerde yaralanmaya ve/veya farklı faillerin varlığına işaret edebilir.

**d) Yaralanma sonucu meydana gelen hasarın ağırlık derecesi nedir?**

Hukuksal sürecin başlayıp başlamayacağı başlayacaksa fail hakkında ne ceza verileceği yaranın ağırlık derecesine bağlıdır.

**e) Yaralanma ele geçirilen aletle mi oluşmuştur?**

Ele geçirilen bir alet varsa kişideki yaraları oluşturan alet olup olmadığı sorusuna vevap verilebilmesi için yaranın iyi tanımlanması ve ölçümlerinin iyi yapılması gerekmektedir.

**f) Her bir yara öldürücü nitelikte midir? Hangi yaralar ölüme neden olmuştur?**

Suçluya verilecek ceza açısından suçlunun kastının ne olduğu ve mağdurda meydana gelen zararın ağırlık derecesi çok önemlidir.

**g) Yaralanma ile ölüm arasında illiyet bağı var mıdır? Yaralanma ölümün tek nedeni midir?**

Hekime sorulan sorulardan biri yaralanma ile ölüm arasında illiyet yani nedensellik bağı olup olmadığıdır. Çünkü cezai bir sorumluluğun ortaya çıkması için yapılan hareketle ortaya çıkan zararlı sonuç arasında illiyet olması gerekir.

**h) Yaralanma ne zaman olmuştur?**

Yaranın yaşı, ölümden önce mi sonra mı meydana geldiği cevaplanması gereken sorulardır. Makroskopik incelemede kanamanın olup olmadığı varsa miktarı, yara kenarlarında ödem, hiperemik görünüm, yüzeyde krut oluşumu gibi bulgular yara yaşı tayini açısından önemlidir. Yaşayan kişilerde yara bölgesine gelen iltihap hücrelerinin yoğunluğu ve iltihabi yanıtın içeriğine göre histolojik olarak yara yaşı saptanabilir. Yara yaşının tayininde kullanılan bir diğer yöntem de bu bölgede enzim aktivitesindeki artışı araştırmaktır (55,14).

**i) Yaralanmanın orijini nedir?**

Yaralanma ölüme neden olabilir ya da olmayabilir ancak özellikle ölümlü sonuçlanan olaylarda ölüme neden olan yaralanmanın ne şekilde meydana geldiğini ve olayın

orijini (kaza, cinayet, intihar) saptamak önemlidir. Savcı ya da hakim otopside saptanan bulguları, olay yeri inceleme bulguları ve adli soruşturmadan elde edilen verileri hep birlikte değerlendirilerek olayın orijini belirlenir.

**j) Kişi yaralanmadan sonra ne kadar süre yaşamıştır?**

Bu esnada belirli aktiviteleri yapabilir mi? Bazı yaralanma olaylarında kişinin olaydan sonra ne kadar süre yaşadığı ve bu sürede yürüme, koşma, kavgaya etme gibi bazı aktiviteleri yapıp yapamayacağı hekime sorulabilir (55).

## **2.6. Yara iyileşmesinde laboratuvar yöntemleri**

Bir yaranın ölümden önce mi sonra mı meydana geldiğinin belirlenmesi ve ölümden önce meydana gelen bir yaranın yaşının saptanması adli tıp pratiğinde karşılaşılan önemli sorunlardandır. Örneğin ölü ya da yaralı biçimde karayolunda yatan bir kişiye çarpan araç sürücüsünün suçunun belirlenmesi açısından yaraların ne zaman oluştuğu büyük önem taşımaktadır. Öldürüldükten sonra yüksekten atılan olgularda yine yaraların yaşı ölüm orijini açısından önemlidir. Bazı yaralanmalar ölüm sonrası da oluşabilir; örneğin kaza sonucu boğulmuş bir kişi sürüklenirken zemine, kayalara ya da başka cisimlere çarparak yaralanabilir. Cesedin taşınması sırasında oluşan yaralar ya da vahşi hayvanlar tarafından yapılan postmortem yaraların ayırımı da önem taşımaktadır. Ayrıca kişinin vücudunda çok sayıda ve farklı zamanlarda meydana gelmiş yaralar istismar açısından uyarıcı olabilmektedir (55).

Yaşayan bir organizmanın özelliklerinden biri, dışarıdan gelen bir uyarana yanıt verme yeteneğine sahip olmasıdır. Vital reaksiyon yaralanmaya karşı gelişen ve ancak canlı hücrelerin verebileceği yanıttır, bu reaksiyon postmortem dönemde oluşmaz. Deride oluşan değişik tipteki hasarlar, inflamasyon denilen ve içinde vasküler değişiklikler, enzimatik ve biyokimyasal olaylar, hücresel aktiviteler gibi pek çok olayı barındıran bir sürecin başlamasına neden olur. Bu sürecin amacı zararlı etkeni yok etmek ya da yayılmasını önlemektir. Yarada vital reaksiyonu saptamak ve yara yaşını araştırmak için immünohistokimyasal metodlar, biyokimyasal metodlar geliştirilmekte ve elektron mikroskopik çalışmalar yapılmaktadır.

Bir yaranın ne zaman meydana geldiğini yani yara yaşını saptamada 4 yöntem kullanılabilir:

- 1- Makroskopik inceleme



- 2- Mikroskopik inceleme
- 3- Biyokimyasal inceleme
- 4- Histokimyasal inceleme

Makroskopik inceleme yara yaşını tayin açısından çok güvenilir bir yöntem değildir. Makroskopik incelemede yara çevresindeki ödem, kırmızılık, yara üzerindeki kabuklanma, yara kenarlarından ilerleyen epitelizasyon, ekimozun farklı renkler alması gibi özellikler yara yaşı açısından uzun bir zaman dilimi için fikir verebilir (55).

Işık mikroskopu ve elektron mikroskopu ile yapılan incelemeler yara yaşı tayini açısından daha kesin bilgiler vermektedir. Deri bir fiziksel yaralanmaya inflamasyon oluşturarak yanıt verdiği göre inflamasyonun oluş mekanizması ve evrelerini bilmek, bir yaranın ne zaman oluştuğunu saptamak açısından önemlidir.

- Zedelenen bölgede vasküler değişiklikler, akut inflamasyonun en erken olaylarından biridir. Kısa süreli arteriol kasılmasını takiben histamin ve nitroz oksid gibi mediatörler aracılığı ile vazodilatasyon meydana gelir. İlk dakikalarda damar geçirgenliğinin artması ile hasarlı alanda fibrin birikir.

- 24 saat içinde yara kenarından nötrofiller göç ederler ve çoğalırlar.

- 72. saatte nötrofillerin yerini makrofajlar almaya başlar. İltihap hücreleri, yeni kan damarı ve fibroblastlardan oluşan granülasyon dokusu meydana gelir.

- 5. günde granülasyon dokusu bölgeyi doldurur. Neovaskülarizasyon belirgindir. Kollagen lifler artar. Epidermis aktif olarak çoğalarak normal kalınlığına ulaşır.

- 2. hafta süresince fibroblast çoğalması ve kollajen birikimi devam eder. Ödem, damarlanma artışı ve iltihabi infiltrasyon azalır.

- Birinci ay sonunda oluşan skar dokusu, iltihapsız, epidermisle örtülü bağ dokusudur (34,53).

İmmünohistokimyasal uygulamalar yara yaşı tayininde yeni ufuklar açmıştır. Mast hücrelerinin immünohistokimyasal tekniklerle araştırılması sonucunda normal deri ve postmortem yaralanma ile karşılaştırıldığında antemortem yaralanmalarda mast hücre sayısının anlamlı olarak arttığı gösterilmiştir (9). Fibronektin, yaralanmadan 10-20

dakika sonra, tenascin ise 2.-3. günde immünohistokimyasal metodlarla saptanabilen ve vitaliteyi gösteren maddelerdir.

Biyokimyasal metodlarla vitalitenin kanıtı olarak travmadan 10-20 dakika sonra yara kenarlarında histamin ve seratonini varlığı gösterilmiştir (44).

### **2.6.1. Isı hasarında saptanan mikroskopik bulgular**

Derinin yüksek ısıya maruz kalması sonucu meydana gelen yanığın ciddiyeti ısıya maruz kalma süresi, ısı kaynağının derecesi, derinin kalınlığına bağlıdır. Deride ısı artışı sonucu koagülasyon nekrozu, enzim inaktivasyonu ve kapiller geçirgenlik artışı izlenir.

#### **2.6.1.1. Isı hasarında ışık mikroskopu bulguları**

Danielsen ve ark. 1978'de (15), Thomsen ve ark 1982'de ve 1983'de (61,62) domuzlarda deriye eşit miktarda enerji transfer edilecek şekilde elektrik ve ısı verdikleri çalışmalarında ısı lezyonlarında şu morfolojik bulguları saptamışlardır:

- a) Epidermiste eozinofilik granüller ya da eozinofilik fibriler hücreler mevcut olup sıklıkla perinükleer vakuol izlenmiştir. Nükleus koyu, kromatin diffuz dağılımlıdır. Sitoplazmanın fibriler olduğu alanlarda nükleuslar ileri derecede uzun, dar, koyu veya kaba granülerdir. Isının farklı ve yüksek derecelerinde eozinofilik fibriler sitoplazma izlenmiştir.
- b) Epidermis diffuz etkilenmiştir.
- c) Epidermis genelde subepidermal böl oluşturacak şekilde ayrılmıştır. Erken lezyonlarda hasardan 1 ve 4 saat sonra alınan örneklerin bir kısmında suprabazal ayrışma izlenirken 8 saat sonra subepidermal ayrışma görüldüğünden suprabazal ayrışmanın erken ısı lezyonlarının bulgusu olduğunu sonucuna varılmıştır. Ayrılan ve ayrılmayan epidermiste bulgular farklı değildir.
- d) Dermiste yaygın homojenizasyon mevcuttur.
- e) Epidermal hücrelerde beyaz nekroz adı verilen kromatinde koyu renkli görünüm veya duman görünümü, sitoplazmada beyaz renkli görünüm nadirdir.

#### **2.6.1.2. Isı hasarında elektron mikroskopu bulguları**

Thomsen ve ark. (60) domuz derisinde elektrik ve ısı lezyonlarının oluşturduğu epidermal değişiklikleri elektron mikroskopu (EM) ile incelemişler ve ışık mikroskopu ile saptanan morfolojik bulgularla paralellik kurmaya çalışmışlardır. EM

incelemelerinde ısı lezyonlarında saptanan değişiklikler şu şekildedir:

- a) Stratum korneum intakttır.
- b) Stratum spinosum ve stratum bazalede nükleer membran bazı hücrelerde korunurken bazı hücrelerde bulanıklaşma ve yırtılmalar izlenir.
- c) Kromatinde marjinyasyon gösteren hafif kümeleşme izlenir.
- d) Tonoflamanlar yırtılır, kümelenir ve irregüler şekilde dağılır. Kümelenen tonoflamanlar bazen kaba fibriler alt yapı şeklinde izlenirler. Paralel, uzamış nükleusların olduğu alanlarda tonoflamanlar da paralel dizilme eğilimi gösterirler.
- e) Sitoplazma ödemlidir, az organel içerir. Mitekondriler krista kaybı ile şişerler.
- f) Hücre membranı desmozomlar arasında kırılmalar gösterir.

Kromatinin hafif kümeleşmesi, hücre membranında hafif buruşma ışık mikroskopunda tanınmaz (60).

### **2.6.2. Elektrik çarpmasına bağlı deri lezyonlarında saptanan mikroskopik bulgular**

Elektrik lezyonlarının tanısı için yararlı olduğu düşünölen birçok morfolojik özellik tanımlanmıştır.

#### **2.6.2.1. Elektrik lezyonlarında ışık mikroskopu bulguları**

- a) Normal ve lezyonlu deri arasında keskin sınır dikkat çekicidir.
- b) Epidermis içinde ayrışmalar, mikroveziköl oluşumu ve epidermisin dermal papillalardan ayrışması sık görölen değişikliklerdir (2).
- c) Isı artışı çok fazla ise tüm epidermisi tutan koagulasyon nekrozu meydana gelebilir.
- d) Nekrozun kenarında epidermal hücre nükleuslarında uzama (elongasyon, streaming), piknoz, paralel demetler halinde dizilme (palizadlanma, nükleer streaming) şeklinde değişiklikler görölr. Hücre nükleusları alttaki papiller

dermisin yönünde ışınsal olarak dizilirler (2). Bu değişiklikler başta kıl follikülü olmak üzere deri eklerinde de görülür. Uzamış nükleuslar sarmal, spiral, halka, palizad, öbek şeklinde morfolojik varyasyonlar gösterebilirler.

- e) Dermisde karbonizasyon, kollajen liflerde şişme, koagulasyon nekrozu nedeni ile oluşan homojenizasyon, damarlarda trombüs oluşumu görülebilir (39,68).
- f) Elektrik akımı lezyonlarında epidermal hücrelerde, kıl follikülü epitelinde ve kapillerlerin endotel hücrelerinde nükleusda koyu boyanma görülebilir (69).

Epidermis içinde veya dermoepidermal bileşkede görülen ayrışmaların nedeni buharlaşan doku sıvılarının oluşturduğu gazın hücreleri ayırmasıdır (52).

Elektrik lezyonlarının histopatolojik incelemesinde kullanılan kriterler arasında en çok epidermisde nükleuslarda uzama üzerinde durulmaktadır (41,50,52,58,68). Özellikle elektrik çarpması olgularıyla ilk karşılaşılan dönemlerde birbirine paralel olarak dizilmiş piknotik ve uzamış görünümdeki bu nükleusların elektrik enerjisinin elektromagnetik etkisi ile oluştukları ve akım yönüne paralel şekilde dizildikleri görüşü taraftar bulmaktaydı (58,68). Ancak günümüzde epidermal nükleer uzamanın elektrik akım lezyonu tanısında kullanılması konusunda tartışmalar mevcuttur çünkü yapılan çalışmalar benzer nükleer uzamaların ısı yanıkları, künt deri yaralanmaları, koterizasyon, kuruma, donma ve barbiturat zehirlenmelerinde görülen blisterlerin kenarlarında da bulunduğunu ortaya koymuştur (39). Nükleer uzamanın mekanizmasını araştırmak için Takamiya ve ark. farelerin sırtlarına 100 V elektrik enerjisi ve ısı enerjisi uygulamışlar ayrıca deri flepleri ile bası uygulayarak basının epidermis üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada alınan deri örneklerinin rutin boyama yöntemleri ile incelemesinde elektrik akımı lezyonlarında epidermisde incelmeye, epidermal hücrelerde bazal membrana paralel seyreden nükleer uzama, dermisde homojenizasyon izlemişler, dermisde kollajen lifler arasında normalde görülen boşlukların kaybolduğunu görmüşlerdir. Isı lezyonlarının da hemen tamamında epidermal hücrelerde uzama saptamışlardır. Epidermal nükleer uzama insidansının denatüre dermal kollajen liflerin kalınlığı ile korele olduğunu göstermişlerdir. Kontüzyonda ise alınan örneklerde nükleuslarda uzama izlenmekle birlikte bunun epidermis derinliği ile ters ilişki gösterdiği görülmüştür. Nükleer uzamanın hem

elektrik hem de yanık lezyonlarında benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçta elektrik, yanık ve kontüzyon tipi deri yaralanmalarında izlenen epidermal nükleer uzamanın termal hasarın bulgusu olduğu sonucuna varmışlardır (58). Epidermal nükleer uzamanın ısı ile ödemli hale gelen dermisin epidermisi yukarı doğru basıya uğratması sonucu epidermis kalınlığının azalması ve nükleusların düzleşmesi ile meydana geldiği yani dermal basının mekanik etki ile epidermal nükleer uzamaya neden olduğu ileri sürülmektedir (69).

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 işkencesi bulguları üzerine araştırmalar yapan Anti-Torture Research grubunun amaçlarından biri elektrik ve ısı lezyonlarını ayırtılabilmektir (5). 1978'de Danielsen ve ark. (15), 1982'de ve 1983'de Thomsen ve ark.(61,62), domuzlarda yaptıkları çalışmalarda elektrik lezyonlarını ışık mikroskopu ile değerlendirmişler ve şu morfolojik bulgular üzerinde durmuşlardır:

- a) Yüzeyde kromatide sarı renkli ve kümelenmiş görünüm izlenmiştir.
- b) Epidermal hücrelerde beyaz nekroz görülmüştür. (Bu hücrelerde kromatin koyu renkli veya duman görünümünde olup diffuz yayılmıştır, sitoplazma beyaz renklidir). Beyaz nekrozun ısı lezyonlarında da oluşup oluşmadığını anlamak için yapılan bir çalışmada deriye 450 °C ısı enerjisi tatbik edilmiş ve beyaz nekroz oluştuğu görülmüştür.
- c) Epidermal hücrelerde nükleuslarında büyük kromatin kümelerine sahip (veziküler), sitoplazmaları eosinofilik görünümde olan hücreler izlenmiştir.
- d) Çoğu alanda epidermis, dermis bitişiktir.
- e) Dermisde şişme, nekroz gibi değişiklikler tekdüze değildir, deri ekleri çevrelerinde daha belirgindir.
- f) Kıl kökleri, ter bezleri ve damar duvarlarında hücrelerde nekroz bulunduğu halde komşu dermisde nekroz görülmeyebilmektedir.

### 2.6.2.2. Elektrik lezyonlarında elektron mikroskopu bulguları

Thomsen ve ark. (60) domuz derisinde elektrik ve ısı lezyonlarının oluşturduğu epidermal değişiklikleri EM ile incelemişler ve ışık mikroskopunda izlenen bu değişiklikler ile EM bulguları arasında paralellik kurmaya çalışmışlardır. EM incelemelerinde elektrik lezyonlarında saptanan temel özellikler şu şekildedir:

- a) Stratum korneumun yüzeyinde kümelenmiş keratin elektron dense bir materyal ile yer değiştirir. Bu alanda direncin yüksek olması nedeni ile yüksek ısı üretimi meydana gelmektedir, bu ısı artışı karbonizasyona veya metal depolanmasına neden olmaktadır (60). Keratin diskolorasyonu ise, ısı etkisiyle keratinin erimesi sonucu meydana gelen hem elektrik hem termal yanıklarda gözlenebilen, spesifik olmayan bir bulgudur (31).
- b) Çoğu nükleusda kondanse kümelenme gösteren kromatin izlenir, nükleusun diğer alanlarında sadece ince fibriler ağ mevcuttur. EM ile incelemede ışık mikroskopunda izlenen veziküler nükleusların kondanse kromatini çevreleyen çok seyrek fibriler materyal içeren nükleuslar oldukları görülmüştür. Bazı nükleuslarda ise nükleoplazmada ince granüler dağılım mevcuttur ve bu hücrelerin nükleusları ışık mikroskopunda koyu bulanık görünümde izlenir.
- c) Sitoplazma ince granuler görünümde dir. Işık mikroskopu ile bu özellik seçilemez, sitoplazma homojen görünümde izlenir.
- d) Hücre membranı homojen sitoplazmalı hücrelerde seçilemez, seçilebilen hücrelerde membran bulanık görülmekle birlikte ısıda izlenen rüptür ya da düzensizlik yoktur (60).

Bir başka çalışmada (43) elektrik lezyonlarında sitoplazma ve nükleuslarda meydana gelen morfolojik değişikliklerin sadece ısı üretimine bağlanamayacağı, 1 N sodyum klorid ile muamele edilen deride de benzer değişiklikler meydana geldiğinden bu değişikliklerin elektroliz nedeni ile hücre içinde meydana gelen Ph değişimi sonucunda oluştuğu fikri savunulmaktadır.

Elektrik ve ısı lezyonlarının EM ile değerlendirildiği bir başka çalışmada ise bu iki grubu ayırmanın mümkün olmadığı ve elektrik giriş lezyonundaki değişikliklerin

elektrik akımı sonucu meydana gelen ısı artışı sonucunda oluştuğu ileri sürülmüştür (64).

### **2.6.3. Abrazyon türü deri yaralanmalarında saptanan mikroskopik bulgular**

Abrazyon şeklindeki deri yaralanmalarında elektrik ve ısı lezyonlarında olduğu gibi epidermal nükleer uzama izlenmektedir (39).

### **2.7. Bilgisayarlı görüntü analizi**

Bilgisayarlı görüntü analizinin (BGA) (Computerized image analysis) amacı subjektif yöntemler ile değerlendirilen bulguları sistemli olarak ölçmek yani değerlendirmeye objektiflik getirmektedir. Bu yöntemle hücrelerin belli kısımlarının uzunluklarının, çaplarının, çevrelerinin, koyuluk derecelerinin bilgisayar teknolojisi ile ölçülmesi sözkonusu olup tüm bu ölçümler "morfometri" olarak isimlendirilmektedir.

Bilgisayarlı görüntü analizinde ilk adım görüntünün dijital ortama aktarılmasıdır. Bu görüntü üzerinde örneğin bir hücrenin nükleusunda, dikine kesilmiş bir sinir lifi, kas lifi veya arterde pek çok ölçüm yapılabilir. Görüntü analizi çalışmalarında, boy, kalınlık, çevre, çap, iki veya daha fazla ölçüm parametresinin birbirine oranı gibi değerler ve bunlardan elde edilen istatistik ölçütleri değerlendirilebileceği gibi bir boyanmanın yoğunluk derecesi, DNA ölçümleri de yapılabilir (11).

Bu metod patolojide çeşitli deri lezyonlarının incelenmesi için kullanılmıştır. Ersoy (23) ile Arıcan ve ark. (3) hipertrofi tanısı alan kalplerde kalp kası hücrelerindeki değişiklikleri, Moragas ve ark. (42) yaşa bağlı deri değişikliklerini, Uitto ve ark. (66) değişik deri hastalıkları arasında elastik lif farklılıklarını, Diamond ve ark.(18) prostat kansinomlarının prognostik faktörlerini bu metodla incelemişlerdir. Ayrıca Sanders ve ark.'nın (51) mekanik gerilme gücüne karşı derinin cevabını araştırdığı, Eun-So Lee ve ark.'nın (35) pigmente deri lezyonlarında melanositleri değerlendirdiği yayınları morfometrinin kullanıldığı patoloji çalışmalarına birer örnektir.

Xu ve ark. (69) elektrik lezyonu kesiti ile normal deri kesitini BGA yöntemi ile morfometrik açıdan karşılaştırarak elektrik lezyonları için objektif ve kantitatif bir indeks oluşturmaya çalışmışlardır. Çalışmalarında, elektrik çarpması ile ölen 11 olgudan ve 10 kontrol olgusundan alınan deri örneklerinin kesitlerinde, her olguda sınırları

seçilebilen 10 hücrede, uzun eksen ve kısa eksen ölçülmüş ve uzun eksenin kısa eksene oranı saptanmıştır. Aynı işlem kıl kökü epiteline ve kapiller endotel hücrelerine de uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda epidermisde 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 epitelinde de sonuçlar anlamlı olarak farklı olup bu değerler sırası ile 4.5988 ve 1.6193 olarak saptanmıştır. Kapiller endotel hücrelerinde ise anlamlı fark bulunmamıştır. Çalışmalarının sonucunda şunları vurgulamışlardır:

1- Normal deri ve elektrik akımı ile hasarlanmış deri arasında epidermis bazal hücre nükleusları ve kıl folikülü hücre nükleuslarında uzun/kısa eksen oranında belirgin farklılık mevcuttur.

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

3-Epidermis bazal hücre nükleuslarının ve kıl folikülü hücre nükleuslarının uzun eksen/kısa eksen oranı elektrik lezyonunu tanımada objektif standart olarak kullanılabilir.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1.Doku örnekleme

Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul, Morg İhtisas Dairesi'nde her yıl yaklaşık 4000 adli otopsi yapılmaktadır. Bu otopsilere ait doku ve organ örneklerinin yanı sıra, Anadolu'nun birçok şehrinde yapılan yaklaşık 1000 otopsiye ait organ ve doku örnekleri aynı dairenin Patoloji Laboratuvarı'nda histolojik incelemeye hazır hale getirilmektedir. Bu çalışmada, ev ya da iş yerinde elektrik kaynağı ile derinin sıkı teması sonucu meydana gelmiş elektrik çarpması ile ölen 30 olgu, yangında ölen ve derisinde alev yanığı saptanan 30 olgu ve trafik kazası sonrası tedavi görmeden ölen, derisinde abrazyon izlenen 30 olgu, 3 grup halinde incelenmiş, olgulardan alınan deri örnekleri histolojik ve morfolojik özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

*Grup 1: Adli otopsileri sonucu elektrik çarpması ile öldüğü saptanan 30 olgu*

Ev ya da iş yerinde meydana gelmiş, elektrik kaynağının deri ile temas halinde olduğu, tüm olay yeri bilgileri ve otopsi sonuçları ile kesin elektrik çarpmasına bağlı olan ölümler çalışmaya alınmıştır. Yıldırım çarpması sonucu ölüm ya da yüksek gerilim hattına yakın meydana gelmiş ölümler ya da yaşamış, tedavi görmüş olgular çalışma dışında bırakılmıştır.

*Grup 2: Yangında ölen, alev yanığı saptanan 30 olgu*

Haşlanma türünde yanık izlenen olgular ile yaşamış, tedavi görmüş olgular çalışma dışında bırakılmıştır.

*Grup 3: Trafik kazası sonucu ölen ve abrazyon tipinde künt travmatik deri yaralanması saptanan 30 olgu*

Yaşamış ya da hastane tedavisi görmüş olgular çalışma dışında bırakılmıştır.

Tüm olguların olay yeri bilgileri, otopside izlenen makroskopik ve mikroskopik bulguları ile ölüm nedeni kesin olarak saptanmıştır. Her olguya ait histolojik preparatlar ışık mikroskopu ve BGA ile incelenmiştir.

Tüm olgularda mikroskopik kesitlerin şu kriterleri taşımasına dikkat edilmiştir:

- Otoliz olmamalı
- Epidermis içermeli (Abrazyon olgularında epidermis kaybının izlendiği alanın hemen komşuluğundaki epidermisin özellikleri incelenmiştir.)

### 3.2. Doku hazırlama

Alınan doku örnekleri %10'luk formaldehit içinde tespit edildikten sonra belli sıvıların bulunduğu kaplarda, önceden belirlenmiş sürelerde bekletilmiştir. "Doku takibi" adı verilen bu işlem şu aşamalardan oluşmaktadır:

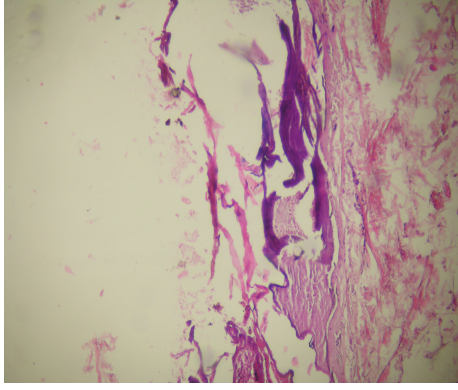
Formaldehit	2 saat
%90'lık alkol	1 saat
%90'lık alkol	1 saat
%90'lık alkol	1 saat
%90'lık alkol	1 saat
Absolü alkol	1 saat
Absolü alkol	1 saat
Ksilen	1 saat
Ksilen	1 saat
Ksilen	1 saat
Parafin	2 saat
Parafin	2 saat
Parafin	2 saat

Doku örnekleri bu aşamaları tamamladıktan sonra parafin içine gömülmüş ve parafin dondurulmuştur. Elde edilen parafin bloklardan mikrotom adı verilen alet ile 4 mikron kalınlığında kesitler alınmış, Hematoksilen-Eozin (HE) ile boyanmıştır.

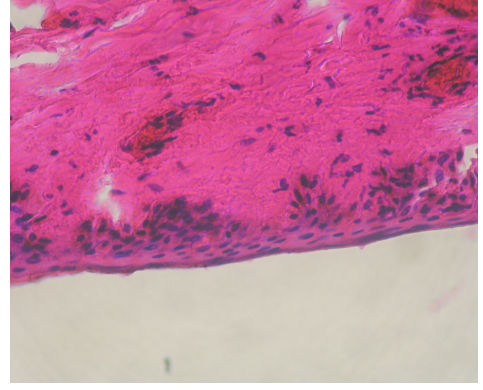
### 3.3. Işık mikroskopu ile değerlendirme

HE ile boyanan kesitler hangi gruba ait olduğu bilinmeden kör olarak ışık mikroskopunda incelenmiş ve aşağıdaki parametreler açısından değerlendirilmiştir:

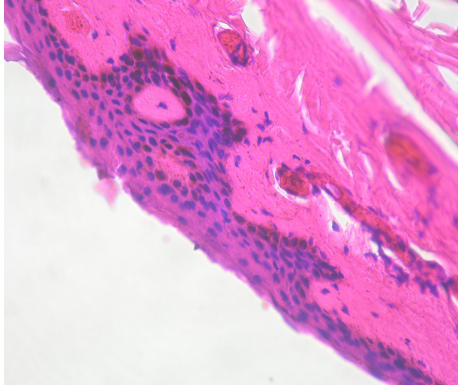
- **İntraepidermal ayrışma** (Var ya da yok)
- **Subepidermal (dermoepidermal) ayrışma** (Var ya da yok)



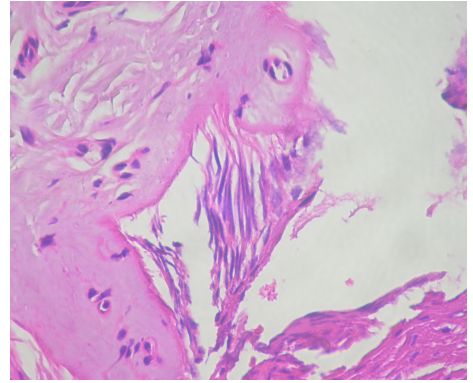
**Resim 1.** Epidermiste nekroz



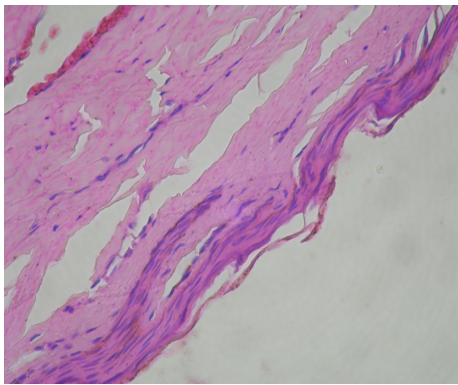
**Resim 2.** Nükleer uzama (+), koyu boyanma (++)



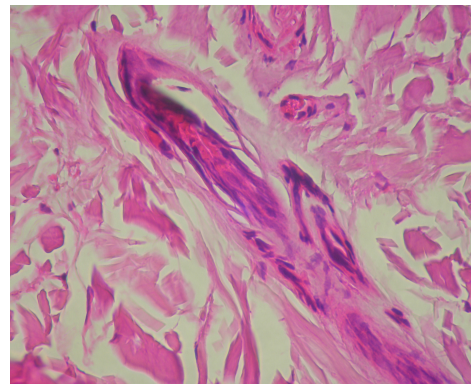
**Resim 3.** Nükleer uzama (++) , koyu boyanma (++)



**Resim 4.** Nükleer uzama (+++) , koyu boyanma (++)



**Resim 5.** Nükleer uzama (+++) , koyu boyanma (+)



**Resim 6.** Kıl follükülü epitelinde nükleer uzama

- **Epidermiste koagulasyon nekrozu** (Var ya da yok) (Resim 1).
- **Epidermal nükleer uzama** (Epidermiste nükleusların iğsi şekil alarak birbirine paralel tarzda dizilmeleri -,+, ++,+++ olarak değerlendirilmiş, karşılığında 0, 1, 2, 3 şeklinde numaralandırılmıştır) (Resim 2,3,4,5).
- **Epidermal nükleuslarda koyu boyanma** (Kromatin yoğunluğunda artış yok (-), kromatin yoğunluğunda hafif artış (+), kromatin yoğunluğunda belirgin artış (++) olmak üzere olgular değerlendirilmiş, karşılığında 0, 1, 2 şeklinde numaralandırılmıştır) (Resim 2,3,4,5).
- **Dermiste homojenizasyon derinliği** (Dermiste kollajen dokunun pembe renkli amorf bir materyal şeklinde görünümü yani homojenizasyon yok ise (-), var ancak yüzeysel ise (+), dermis derinliğinin yarısına ulaşmış ise (++) , yaygınsa (+++) olarak olgular değerlendirilmiş, karşılığında 0, 1, 2, 3 olarak numaralandırılmıştır)
- **Kıl follikülü epitelinde nükleer uzama** (Var ya da yok) (Resim 6).

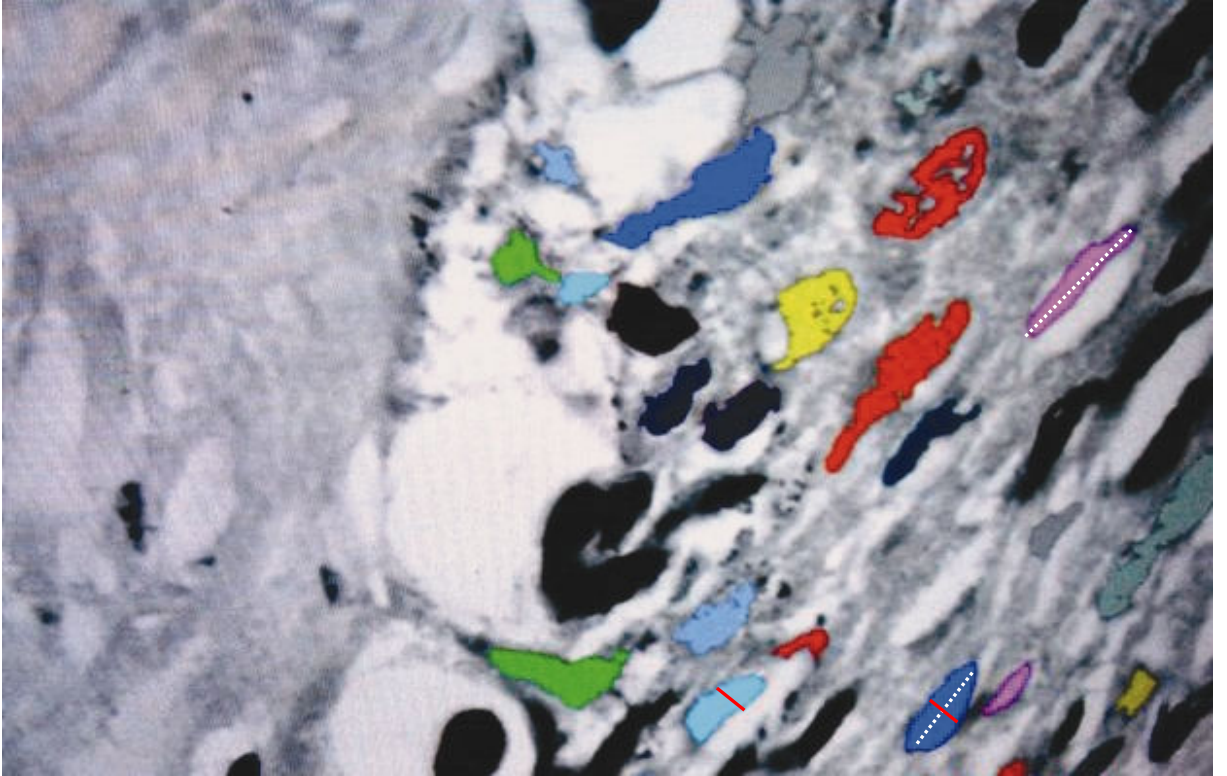
Işık mikroskopu bulguları ki-kare testi ile değerlendirilmiştir. İki değişken arası ilişki araştırmasında Kendall tau b yöntemi kullanılmıştır.

### 3.4. Bilgisayarlı Görüntü Analizi ile değerlendirme

HE boyasıyla boyanmış kesitler Nikon Eclipse 80İ marka mikroskop ile incelenmiş, her olguda epidermal nekroza komşu olan ve en çok elongasyon gösteren epidermis alanlarının x100 büyütme ile resimleri çekilmiştir. Mikroskopa monte edilmiş Nikon E8400 marka dijital fotoğraf makinesi ile 1 GB ve daha küçük boyutta çekilen bu resimlerden teknik kalitesi en iyi olan 2 tanesi seçilmiştir. TIF formatındaki bu resimler Gülhane Askeri Tıp Akademisi Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Patoloji Bölümü'nde SAMBA 4.000 (Grenoble, Fransa) görüntü analiz sisteminin Morfometri yazılımı ile analiz edilmiştir (Resim 7). Ölçümler sırasında artefaktif nükleus görüntülerin otomatik filtrasyon ile elimine edilmesi için alan sınırlaması ile filtrasyon yapılmıştır. Bu filtrede en küçük alan 50 mikronmetre, en büyük alan 800 mikronmetre olarak belirlenmiştir. Seçilen görüntülerde Hematoksilen ile lacivert renk spektrumunda boyanan nükleuslar, görüntü analiz yazılımında set edilen renk spektrumu içine alınarak otomatik olarak yazılım tarafından seçilmiş ve kullanıcının (patoloji uzmanı) görsel kontrol ve onayına sunulmuştur. Belirlenmiş olan morfolojik parametreler SAMBA 4.000 yazılım

tarafından yine otomatik olarak hesaplanmıştır. Olgu ayırımı olmaksızın elektrik çarpması grubunda 465 hücre, alev yanığı grubunda 328 hücre, abrazyon grubunda 523 hücre nükleusu değerlendirmeye alınmış, nükleuslar aşağıdaki parametreler açısından analiz edilmiştir:

- Nükleus alanı
- Nükleus çevresi (Perimetre)
- Nükleer form faktör (Nükleus yuvarlaklık indeksi)
- Nükleusun minimum eksenini
- Nükleusun maksimum eksenini
- Nükleus minimum ekseninin maksimum eksene oranı



**Resim 7.** İzlenen renkli alanlar epidermiste analiz edilen hücrelerin nükleuslarıdır. Kesik beyaz çizgi nükleusun uzun eksenini, düz kırmızı çizgi nükleusun kısa eksenini göstermektedir.

Elde edilen veri tabloları excel ortamına alınmış ve Tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Denetleme sonucu anlamlı olanlarda grupların ikili karşılaştırmaları

Tukey testi ile yapılmıştır. İki değişken arası ilişki araştırmasında Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Anlamlılık sınırı tüm kıyaslamalar için 0.05 alınmıştır.

## 4. BULGULAR

Elektrik çarpması ile ölen 30 olgunun 29'u (%96.6) erkek, 1'i (%0.4) kadındır. Olguların yaşları 4 ile 41 arasında olup ortalama yaş 25.4 'dür. Alev yanığı saptanan 30 olgunun 20'si (%66) erkek, 10'u (%44) kadın olup, ortalama yaş 33.6' dır. Trafik kazası sonucu ölen ve abrazyon tipi deri yaralanması saptanan 30 olgunun tamamı erkek olup yaş ortalaması 35.4' dür.

### 4.1. Işık mikroskopu ile inceleme sonuçları

Olgulara ait histopatolojik kesitler, intraepidermal ayrışma, subepidermal ayrışma, her iki ayrışmanın birlikte görülmesi, epidermisde nekroz, epidermisde nükleer uzama, nükleuslarda koyu boyanma, dermisde homojenizasyon, kıl follikülü epitelinde nükleer uzama açısından değerlendirilmiş, inceleme sonuçları Tablo 1' de sunulmuştur.

#### 4.1.1.İntraepidermal ayrışma

İntraepidermal ayrışma olup olmadığına göre gruplar değerlendirildiğinde elektrik çarpması lezyonlarında %73.3 oranında epidermis içinde ayrışma meydana geldiği, alev yanığı lezyonlarında bu oranın %13.3'e düştüğü, abrazyon grubunda ise intraepidermal ayrışmanın saptanmadığı görülmektedir (Tablo 1, Grafik 1). Üç grup intraepidermal ayrışma oranları açısından ki-kare testiyle kıyaslanmış, elektrik çarpması grubunda intraepidermal ayrışma sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $\chi^2$ :44.56, p=0.000) (Tablo 2, Resim 8).

**Tablo 1.** Histopatolojik parametrelerin gruplara göre genel dağılımı

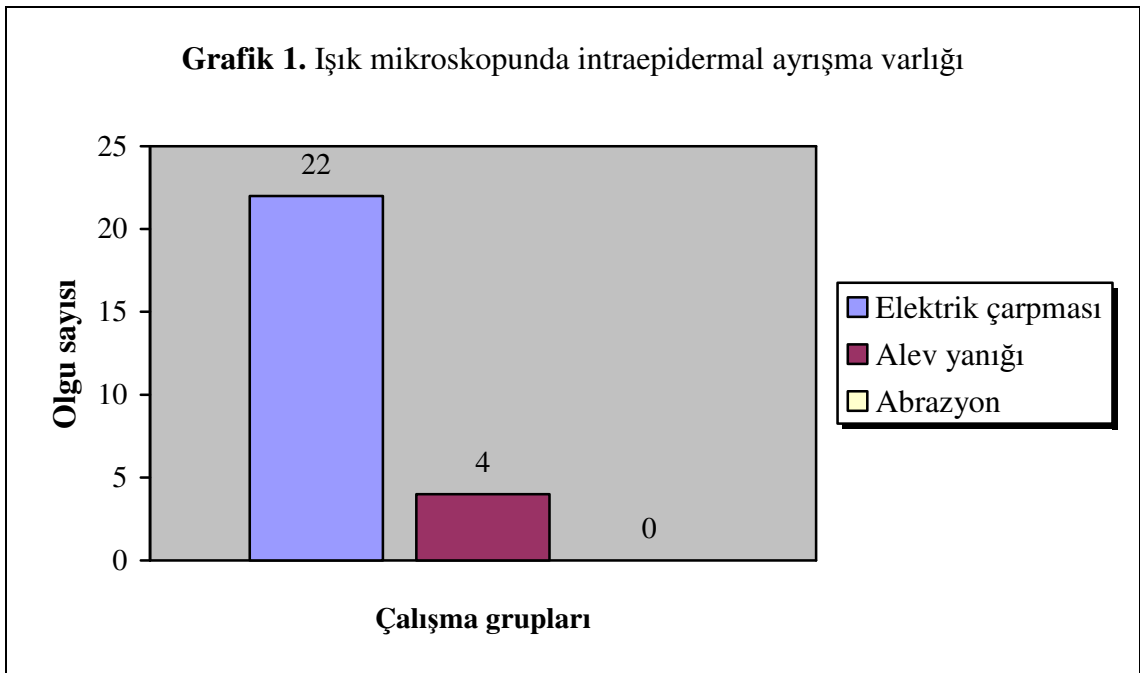
Gruplar	İntraepidermal ayrışma		Subepidermal ayrışma		Her iki tip ayrışma		Epidermisde nekroz		Nükleer uzama		Koyu boyanma		Homojenizasyon		Kıl fol. epitelinde nük. uzama	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Elektrik çarpması</i>	22	73.3	25	83.3	18	60	14	46.7	30	100	29	96	29	97	30	100
<i>Alev yanığı</i>	4	13.3	27	90	3	10	11	36.7	30	100	30	100	30	100	21	70
<i>Abrazyon</i>			19	63			3	10	30	100	30	100	30	100	29	96.7

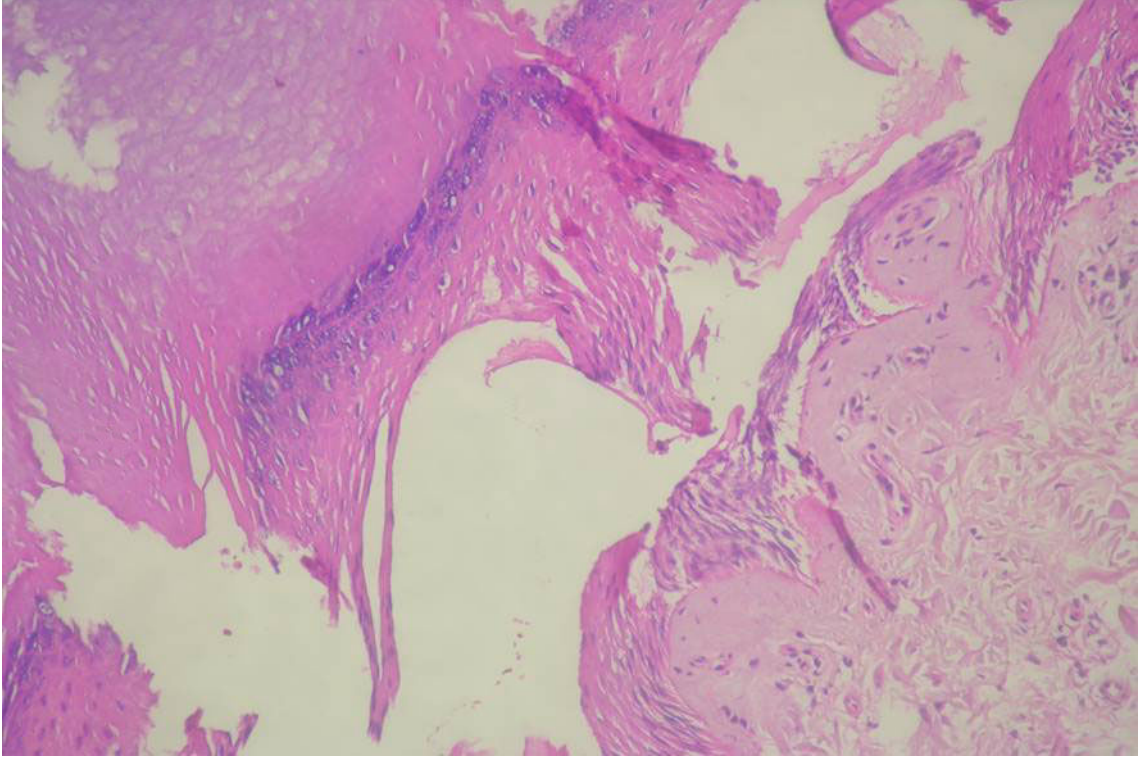


**Tablo 2.** Işık mikroskopunda intraepidermal ayrışma varlığı

Gruplar	Var (%)	Yok (%)	Toplam(%)
<i>Elektrik çarpması</i>	22 (%73.3)	8 (%26.7)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	4 (%13.3)	26 (%86.7)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	0 (%0)	30 (%100)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	26 (%28.9)	64 (%71.1)	90 (%100)

$\chi^2$ :44.56, p=0.000





**Resim 8.** Elektrik çarpmasında epidermiste intraepidermal ayrışma (HE x100)

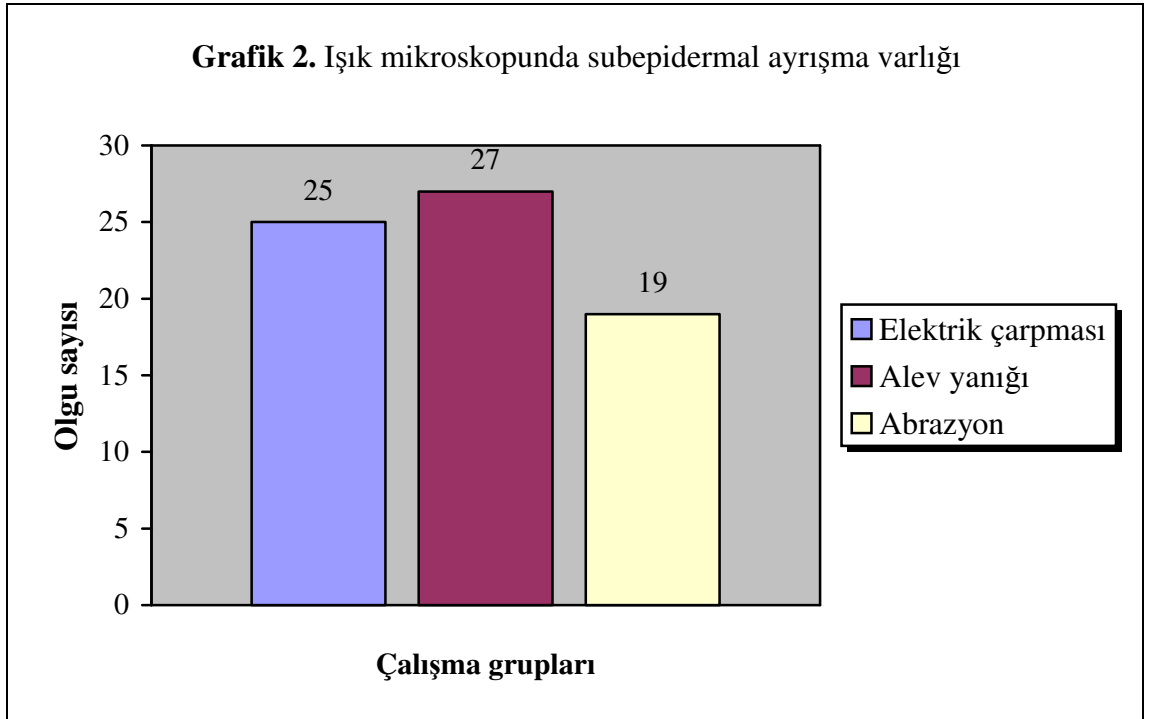
#### **4.1.2. Subepidermal ayrışma**

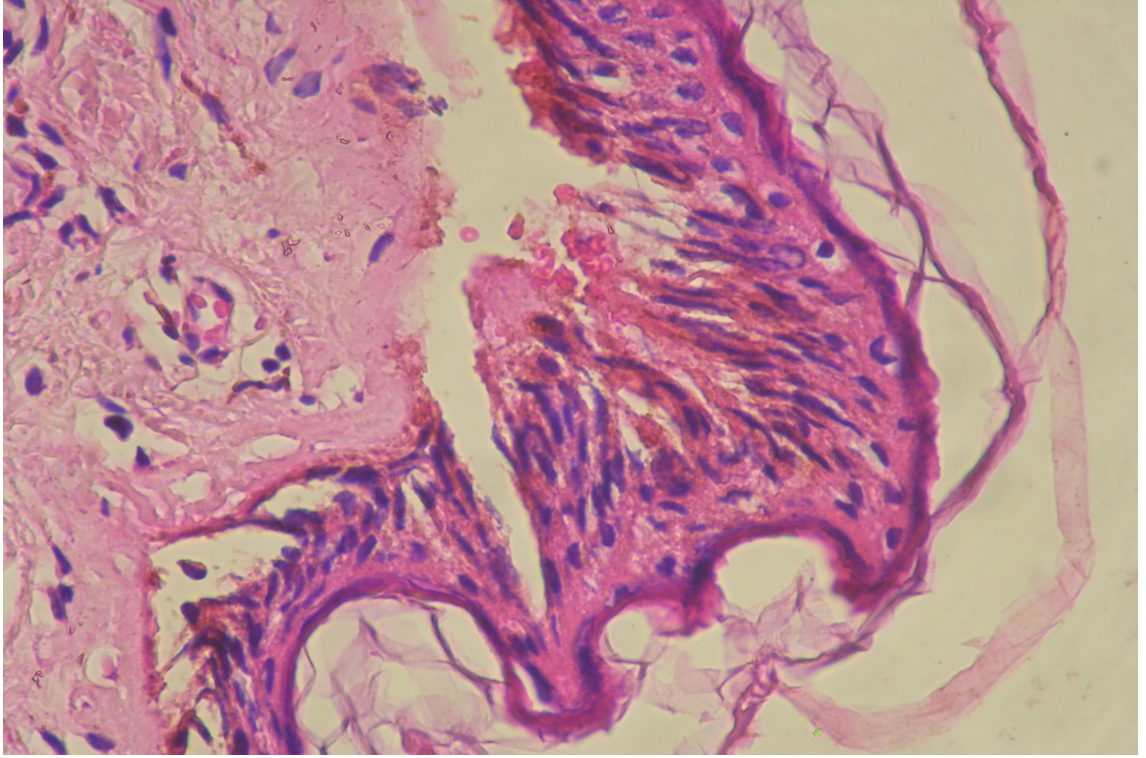
Subepidermal ayrışma en fazla alev yanığı grubunda izlenmekte olup (27 olgu, %90), bunu 25 olgu (%83.3) ile elektrik çarpması grubu izlemektedir (Tablo 1, Grafik 2). Abrazyon grubunda 19 (%63.3) olguda subepidermal ayrışma mevcuttur. Subepidermal ayrışma açısından 3 grup ki-kare testi ile kıyaslanmış, alev yanığı grubunda düşük derecede anlamlı olarak subepidermal ayrışmanın daha sık olduğu bulunmuştur ( $\chi^2$ : 6.93 p=0.031) ( Tablo 3, Resim 9).

**Tablo 3.** Işık mikroskopunda subepidermal ayrışma varlığı

Gruplar	Var (%)	Yok (%)	Toplam(%)
<i>Elektrik çarpması</i>	25 (%83.3)	5 (%16.7)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	27 (%90)	3 (%10)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	19 (%63.3)	11 (%36.7)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	71 (%78.9)	19 (%21.1)	90 (%100)

$\chi^2$ :6.93, p=0.031





**Resim 9.** Alev yanığı lezyonunda subepidermal ayrışma (HEEx200)

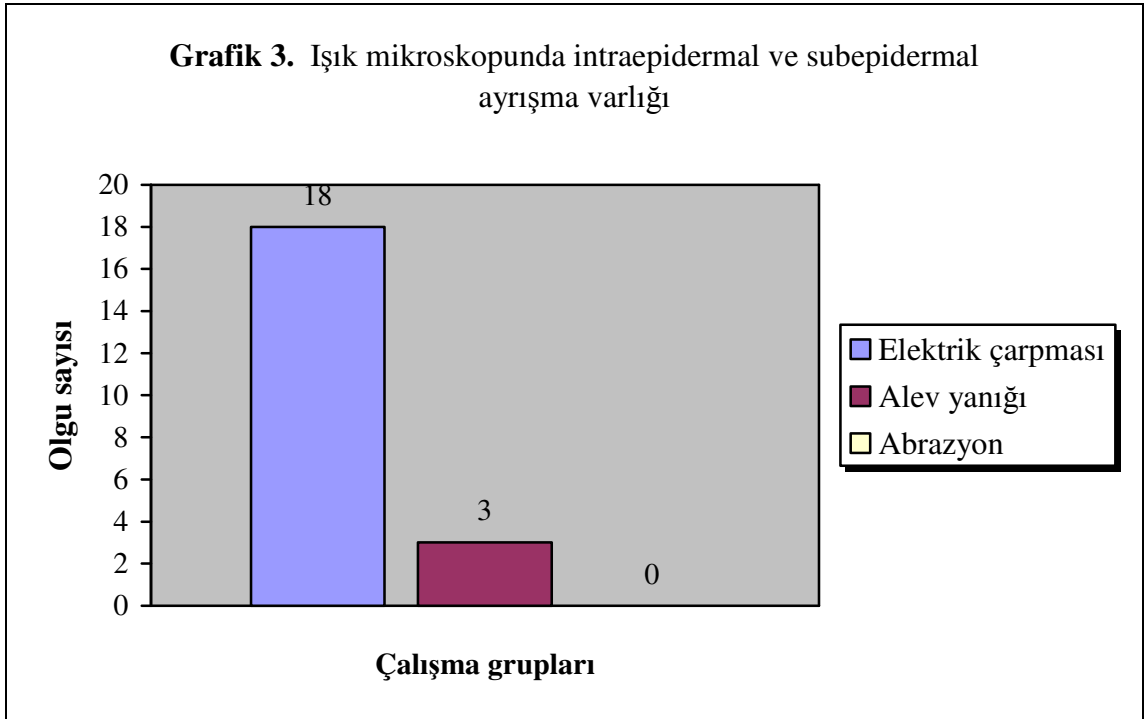
#### **4.1.3. İntraepidermal ve subepidermal ayrışma**

İntraepidermal ve subepidermal ayrışmanın birlikte görüldüğü olgu sayısı elektrik çarpması grubunda 18 (%60), alev yanığı grubunda 3 (%10) iken abrazyon grubunda intraepidermal ve subepidermal ayrışmanın birlikte saptandığı lezyon görülmemiştir (Tablo 1, Grafik 3). Üç grup bu açıdan ki-kare testiyle kıyaslanmış ve elektrik çarpması grubunda her iki tip ayrışmanın birlikte görülme sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $\chi^2$ : 34.65, p=0.000) (Tablo 4).

**Tablo 4.** Işık mikroskopunda intraepidermal ve subepidermal ayrışma varlığı

Gruplar	Var	Yok	Toplam
<i>Elektrik çarpması</i>	18 (%60)	12 (%40)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	3 (%10)	27 (%90)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	0 (%0)	30 (%100)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	21 (%23.3)	69 (%76.7)	90 (%100)

$\chi^2$ : 34.65, p=0.000



#### 4.1.4. Epidermiste koagülasyon nekrozu

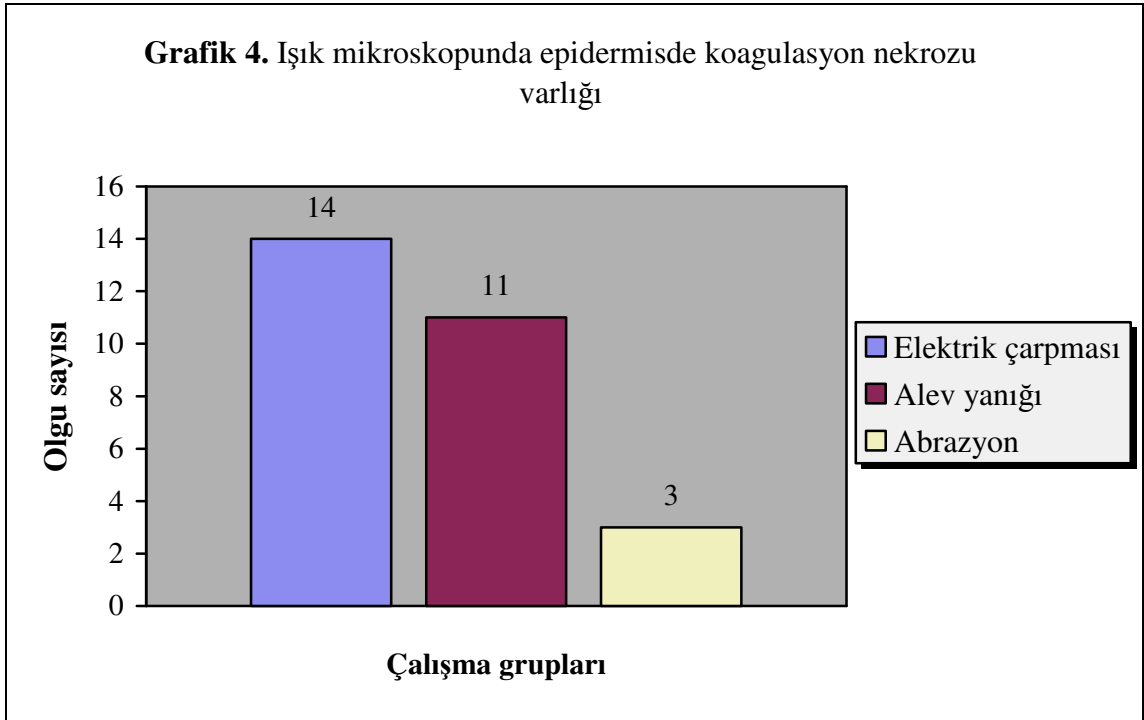
Epidermiste koagülasyon nekrozu 14 (%46.7) olgu ile en fazla elektrik çarpması lezyonlarında izlenirken, alev yanığı lezyonlarında bu sayı 11 (%36.7), abrazyon grubunda ise 3 (%10) olarak saptanmıştır (Tablo 1, Grafik 4). Üç grupta epidermiste

koagulasyon nekrozu oranları ki-kare testiyle kıyaslanmış ve elektrik çarpması grubunda epidermiste nekroz sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $\chi^2$ :10.06, p=0.007) (Tablo 5).

Tablo5. Işık mikroskopunda epidermiste koagulasyon nekrozu

Gruplar	Var	Yok	Toplam
<i>Elektrik çarpması</i>	14 (%46.7)	16 (%53.3)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	11 (%36.7)	19 (%63.3)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	3 (%10)	27 (%90)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	28 (%31.1)	62 (%68.9)	90 (%100)

$\chi^2$ : 10.06, p=0.007



#### 4.1.5. Epidermiste nükleer uzama

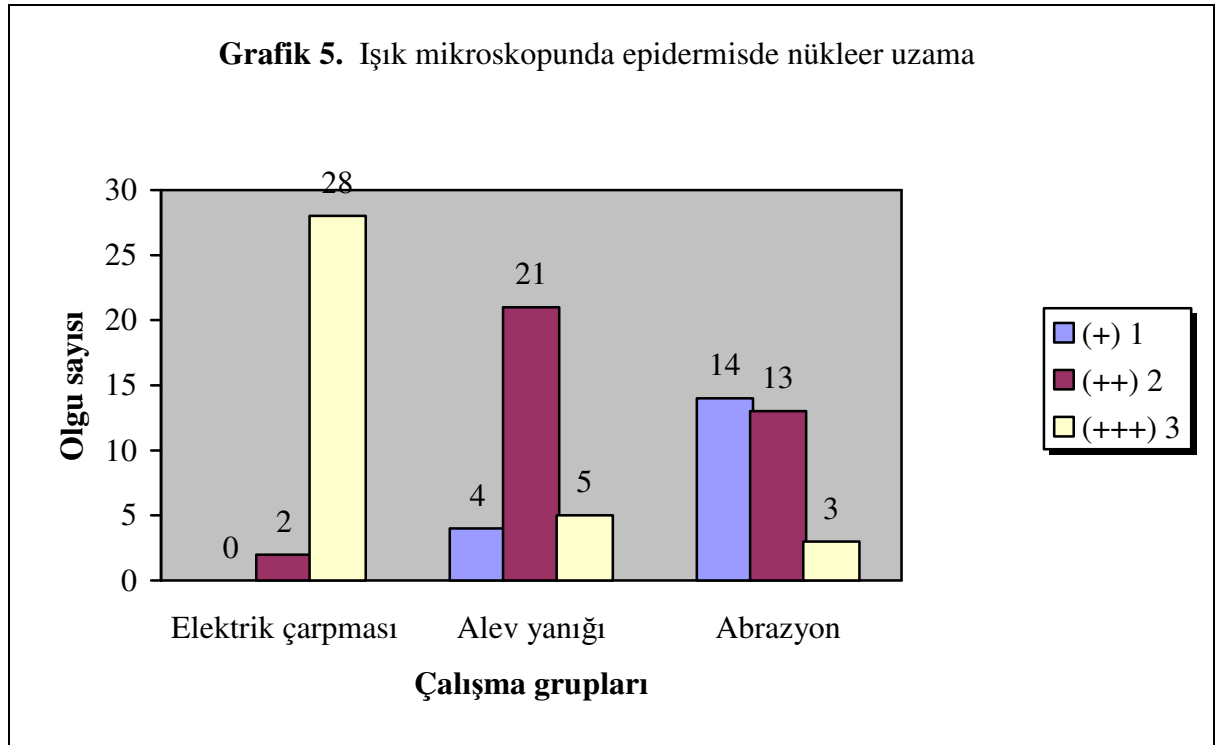
Epidermiste nükleer uzama, her üç grupta tüm olgularda saptanmıştır. Elektrik çarpması grubunda olguların %93.3'ünde ileri derecede nükleer uzama saptanırken alev yanığı grubunda olguların %70'inde orta derecede nükleer uzama

saptanmıştır (Tablo 1, Grafik 5). Abrazyon grubunda ise olguların yarıya yakınında (%46.7) hafif derecede nükleer uzama görülmüştür. Uzamanın şiddeti açısından üç grup ki-kare testiyle karşılaştırılmış ve elektrik lezyonlarında epidermiste nükleer uzama şiddeti anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $\chi^2$ :64.66, p=0.000) (Tablo 6, Resim 10).

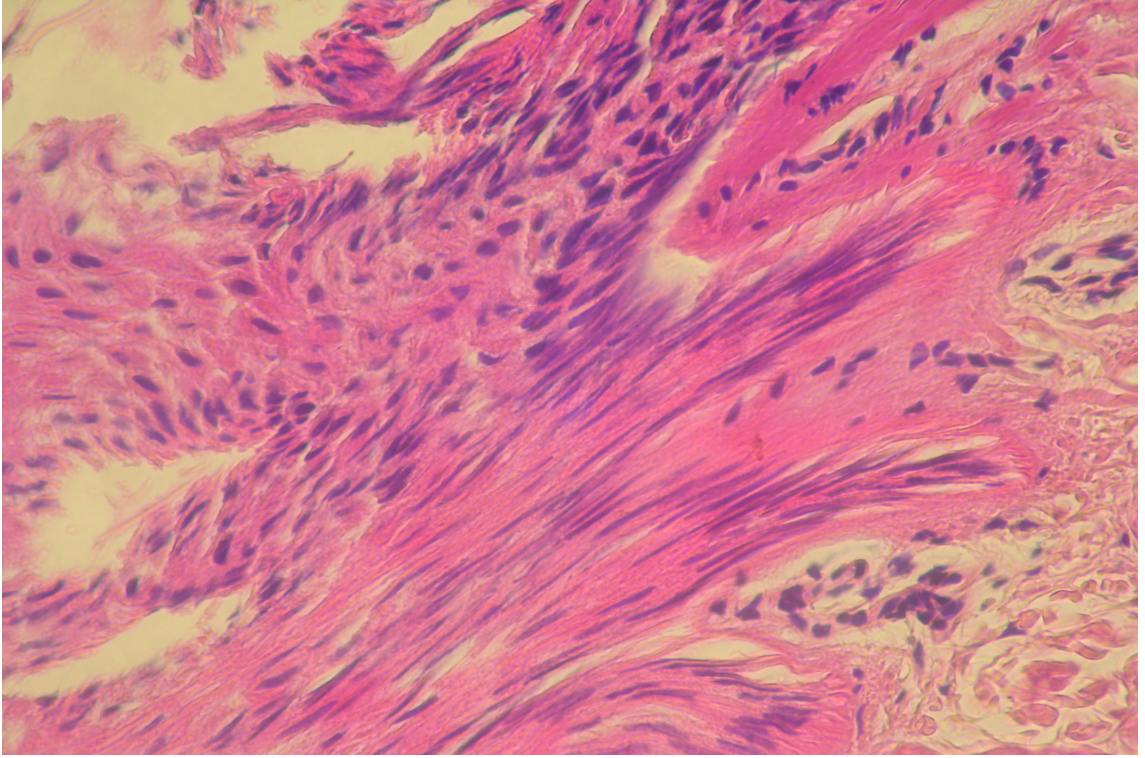
Tablo 6. Işık mikroskopunda epidermiste nükleer uzama

Gruplar	1	2	3	Toplam
<i>Elektrik çarpması</i>	0 (%0)	2(%6.7)	28(%93.3)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	4 (%13.3)	21 (%70)	5 (%16.7)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	14 (%46.7)	13 (%43.3)	3 (%10)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	20(%)	29 (%)	11 (%)	60 (%100)

$\chi^2$ : 64.66, p=0.000







**Resim 10.** Elektrik çarpmasında epidermiste nükleuslarda ileri derecede uzama (HEx200)

#### **4.1.6. Epidermal nükleuslarda koyu boyanma**

Epidermal nükleuslarda koyu boyanma 1 elektrik olgusu hariç, her 3 grupta tüm olgularda izlenmiştir (Tablo 1). Abrazyon grubunda tüm olgularda nükleer koyu boyanmanın ileri derecede olduğu saptanmıştır. Üç grup nükleer koyu boyanma derecesi açısından ki-kare testiyle kıyaslanmış ve abrazyon grubunda nükleer koyu boyanma şiddeti anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $\chi^2$ :20.81,  $p=0.000$ ). (Tablo 7, Grafik 6, Resim 11).

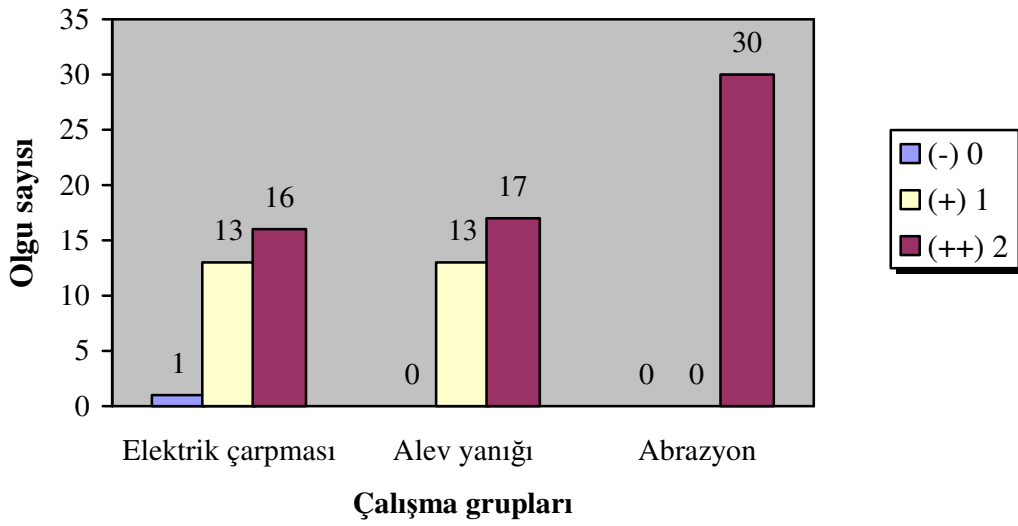


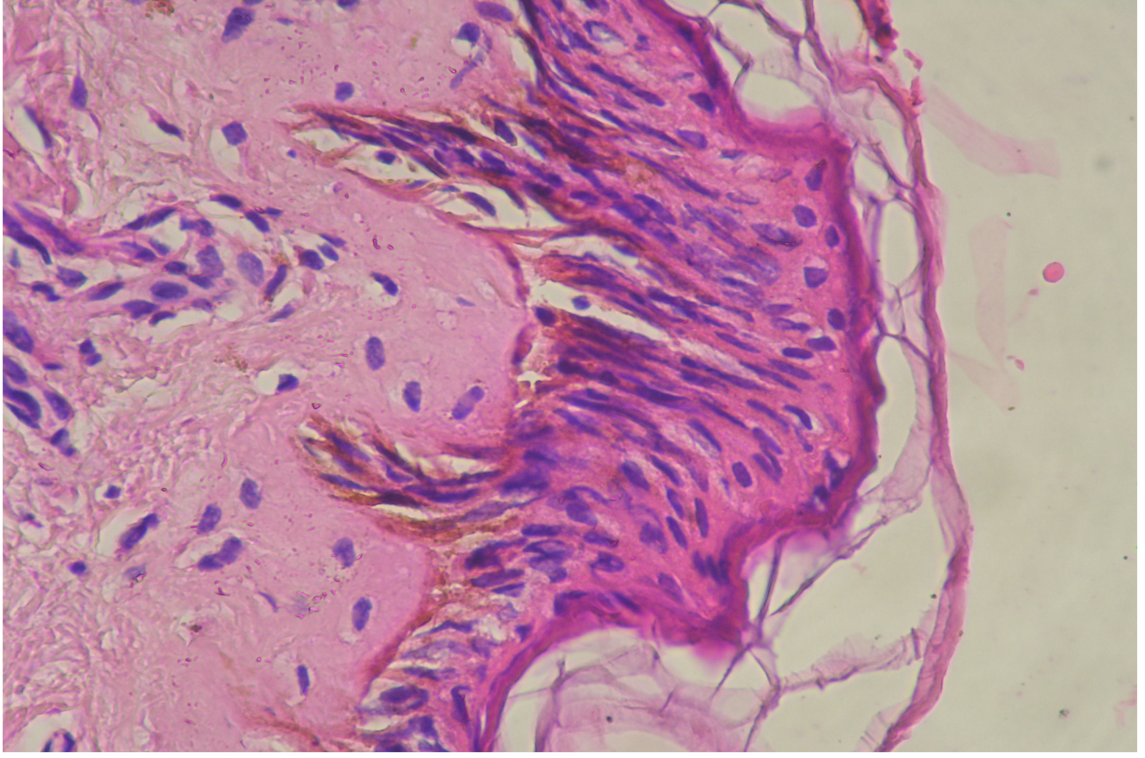
Tablo 7. Işık mikroskopunda epidermal nükleuslarda koyu boyanma

Gruplar	0	1	2	Toplam
Elektrik çarpması	1 (%3.3)	13 (%43.3)	16 (%53.3)	30 (%100)
Alev yanığı	0 (%0)	13 (%43.3)	17 (%56.7)	30 (%100)
Abrazyon	0 (%0)	0 (%0)	30 (%100)	30 (%100)
Toplam	1 (1.1)	26 8%28.9)	63 (%70)	90 (%100)

$\chi^2$ :20.81, p=0.000

Grafik 6. Işık mikroskopunda epidermal nükleuslarda koyu boyanma





**Resim 11.**Alev yanığı lezyonunda epidermal nükleuslarda koyu boyanma (HEX200)

#### **4.1.7. Dermisde homojenizasyon**

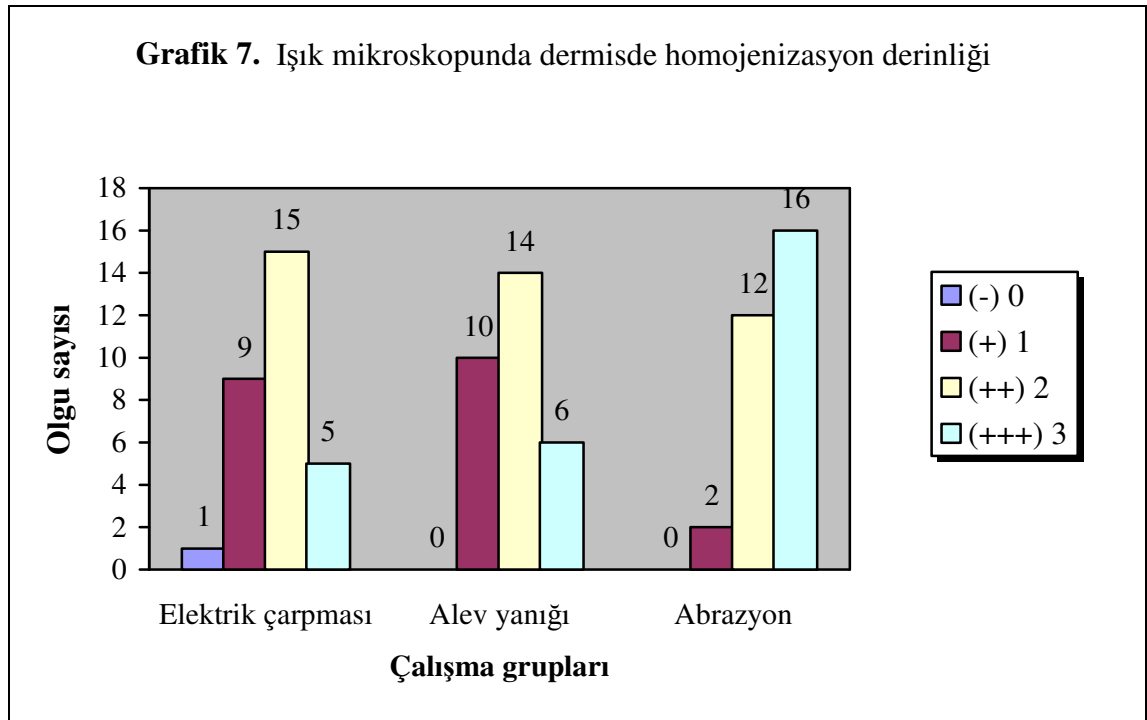
Dermisde homojen görünüm ve bunun derinliği açısından olgular değerlendirildiğinde; elektrik çarpması grubunda yer alan bir olgu dışında tüm olgularda homojenizasyon değişik derecelerde de olsa izlenmiştir (Tablo 1). Homojenizasyon derinliği açısından incelendiğinde abrazyon grubunda olguların 16'sında (%53.3) homojenizasyon yaygın iken bu oran elektrik çarpması grubunda %16.7'ye, alev yanığı grubunda %20'ye düşmektedir. Üç grup homojenizasyon derinliği açısından ki-kare testiyle kıyaslanmış ve homojenizasyon derinliğinin abrazyon grubunda düşük derecede anlamlı olarak arttığı bulunmuştur ( $\chi^2=15.99$ ,  $p=0.014$ ) (Tablo 8, Grafik 7, Resim 12).

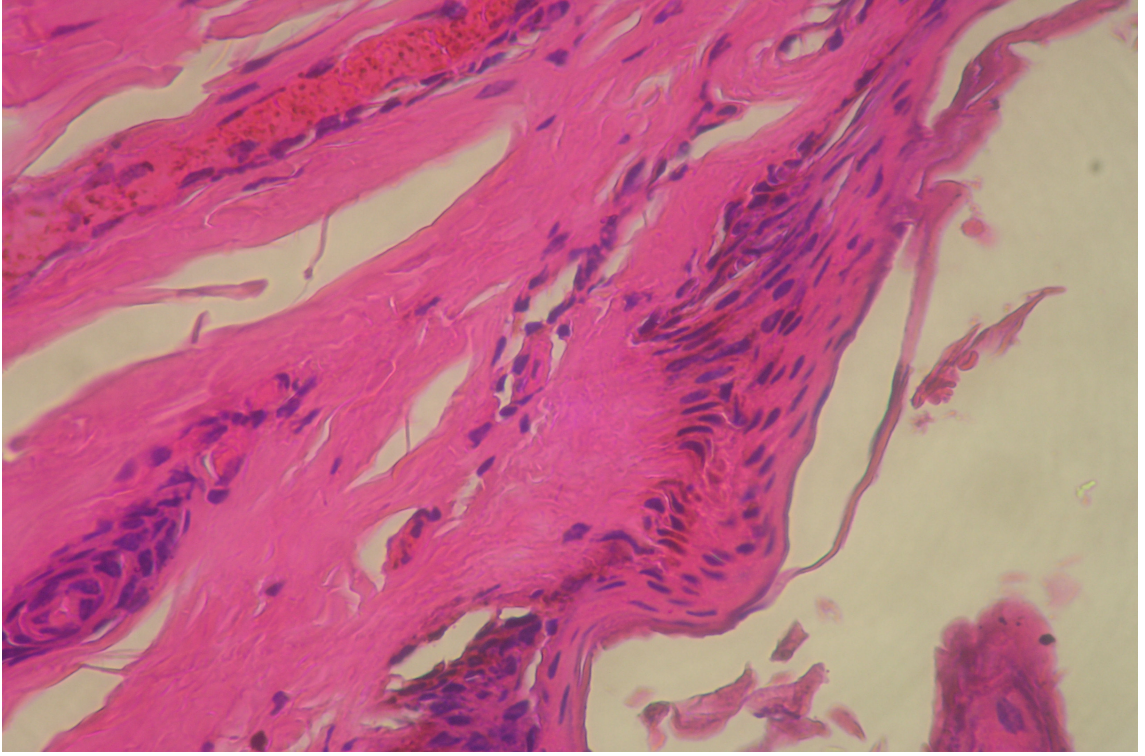
**Tablo 8.** Işık mikroskopunda dermiste homojenizasyon derinliği

Gruplar	0	1	2	3	Toplam
Elektrik çarpması	1(%3.3)	9 (%30)	15 (%50)	5 (%16.7)	30 (%100)
Alev yanığı	0 (%0)	10 (%33.3)	14 (%46.7)	6 (%20)	30 (%100)
Abrazyon	0 (%)	2 (%6.7)	12 (%40)	16 (%53.3)	30 (%100)
Toplam	1(%1.1)	21 (%23.3)	41 (%45.6)	27 (%30)	90 (%100)

$$\chi^2 = 15.99, p=0.014$$

**Grafik 7.** Işık mikroskopunda dermiste homojenizasyon derinliği





**Resim 12.** Abrazyon olgusunda dermiste yaygın homojenizasyon (HEEx200)

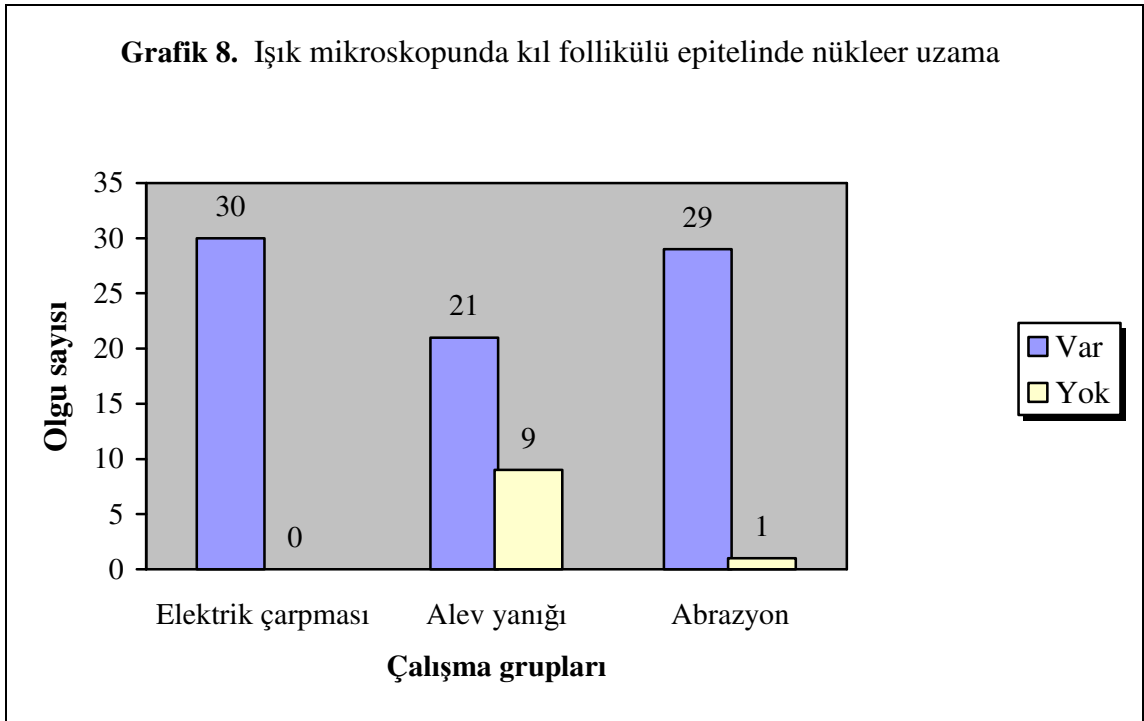
#### **4.1.8. Kıl follikülü epitelinde nükleer uzama**

Kıl follikülü epitelinde nükleer uzama açısından olgular değerlendirildiğinde, elektrik çarpması grubunda tüm olgularda, abrazyon grubunda ise bir olgu hariç tüm olgularda bu değişikliğin meydana geldiği saptanmıştır. Alev yanığı grubunda ise oran %70'e düşmektedir (Tablo 1). Kıl follikülü epitelinde nükleer uzama, elektrik çarpması grubunda %100, abrazyon grubunda %96.7, alev yanığı grubunda %70'dir. Üç grup kıl follikülü epitelinde nükleer uzama varlığı açısından ki-kare testiyle kıyaslanmış ve alev yanığı grubunda kıl follikülü epitelinde uzama sıklığının diğer iki gruba göre anlamlı olarak düşük olduğu görülmüştür ( $\chi^2$ :16.42, p=0.000) (Tablo 9, Grafik 8).

**Tablo 9.** Işık mikroskopunda kıl kökü epitelinde nükleer uzama

Gruplar	Var	Yok	Toplam
<i>Elektrik çarpması</i>	30 (%100)	0 (%0)	30 (%100)
<i>Alev yanığı</i>	21 (%70)	9(%30)	30 (%100)
<i>Abrazyon</i>	29 (%96.7)	1 (%3.3)	30 (%100)
<i>Toplam</i>	80 (%88.9)	10 (%11.1)	90 (%100)

$\chi^2$ :16.42, p=0.000



Her bir grup içinde ışık mikroskopu ile izlenen histopatolojik parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri Kendall tau b yöntemi ile incelenmiş (Tablo 10) ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

#### **Elektrik çarpması grubu**

- Epidermal nükleuslarda koyu boyanma arttıkça dermisde homojenizasyon derinliği artmaktadır (r=0.482, p=0.005).

### **Alev yanığı grubu**

- Epidermisde koagulasyon nekrozu mevcut ise buna komđu epidermisde intraepidermal ve subepidermal ayrışmanın birlikte görülme olasılığı artmaktadır (r=0.438, p= 0.018).
- Epidermisde koagulasyon nekrozu mevcut ise buna komđu epidermal hücrelerin nükleuslarında koyu boyanmanın derecesi artmaktadır (r= 0.386, p= 0.038).
- Epidermisde koagulasyon nekrozu mevcut ise dermiste homojenizasyon derinliği artmaktadır (r=0.673, p= 0.000).
- Epidermiste koagulasyon nekrozu mevcut ise kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı artmaktadır (r=0.498, p= 0.007).
- Epidermal nükleer uzama arttıkça nükleuslar daha koyu boyanmaktadır (r=0.526, p= 0.003).
- Epidermal nükleer uzama arttıkça kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı (r=0.423, p= 0.018) artmaktadır.
- Epidermal hücrelerin nükleuslarında koyu boyanma şiddeti arttıkça dermiste homojenizasyon derinliği artmaktadır. (r=0.479, p= 0.007).
- Epidermal hücrelerin nükleuslarında koyu boyanma şiddeti arttıkça kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı artmaktadır (r=0.455, p=0.014).
- Dermiste homojenizasyon derinliği arttıkça kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı artmaktadır (r=0.570, p=0.001).

### **Abrazyon grubu**

- Epidermal nükleer uzama, nükleer koyu boyanma ve dermiste homojenizasyon tüm olgularda izlendiğinden histolojik parametrelerin birbiri ile ilişkisi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç bulunmamıştır.

**Tablo 10 a.** Elektrik çarpması grubunda histopatolojik bulguların birbirleri ile ilişkisi (devamı arka sayfada)

**Kendall's tau\_b Correlations**

GRUP			nekroz	intraepi	dermoepi	ikiside	uzama	hiperkro	homoje.	derieki
1,00	nekroz	Correlation Coefficient	1,000	-,191	,060	-,055	-,018	-,030	,309	.
		Sig. (2-tailed)	.	,303	,748	,769	,923	,868	,078	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	intraepi	Correlation Coefficient	-,191	1,000	-,067	,739**	,141	-,122	-,250	.
		Sig. (2-tailed)	,303	.	,717	,000	,448	,503	,153	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	dermoepi	Correlation Coefficient	,060	-,067	1,000	,548**	-,120	-,070	-,005	.
		Sig. (2-tailed)	,748	,717	.	,003	,520	,703	,976	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	ikiside	Correlation Coefficient	-,055	,739**	,548**	1,000	,055	-,230	-,210	.
		Sig. (2-tailed)	,769	,000	,003	.	,769	,209	,231	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	uzama	Correlation Coefficient	-,018	,141	-,120	,055	1,000	,009	,111	.
		Sig. (2-tailed)	,923	,448	,520	,769	.	,962	,526	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	hiperkro	Correlation Coefficient	-,030	-,122	-,070	-,230	,009	1,000	,482**	.
		Sig. (2-tailed)	,868	,503	,703	,209	,962	.	,005	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	homoje.	Correlation Coefficient	,309	-,250	-,005	-,210	,111	,482**	1,000	.
		Sig. (2-tailed)	,078	,153	,976	,231	,526	,005	.	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	derieki	Correlation Coefficient	.	.	.	.	.	.	.	.
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30

**Tablo 10 b.** Alev yanığı grubunda histopatolojik bulguların birbirleri ile ilişkisi (devamı arka sayfada)

2,00	nekroz	Correlation Coefficient	1,000	,312	,023	,438*	,201	,386*	,673**	,498**
		Sig. (2-tailed)	.	,093	,901	,018	,263	,038	,000	,007
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	intraepi	Correlation Coefficient	,312	1,000	-,196	,850**	-,020	,145	,093	,043
		Sig. (2-tailed)	,093	.	,291	,000	,910	,435	,597	,818
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	dermoepi	Correlation Coefficient	,023	-,196	1,000	,111	,208	,157	-,053	,267
		Sig. (2-tailed)	,901	,291	.	,550	,247	,398	,765	,151
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	ikiside	Correlation Coefficient	,438*	,850**	,111	1,000	,177	,291	,079	,218
Sig. (2-tailed)		,018	,000	,550	.	,324	,116	,654	,240	
N		30	30	30	30	30	30	30	30	
uzama	Correlation Coefficient	,201	-,020	,208	,177	1,000	,526**	,259	,423*	
	Sig. (2-tailed)	,263	,910	,247	,324	.	,003	,129	,018	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
hiperkro	Correlation Coefficient	,386*	,145	,157	,291	,526**	1,000	,479**	,455*	
	Sig. (2-tailed)	,038	,435	,398	,116	,003	.	,007	,014	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
homoje.	Correlation Coefficient	,673**	,093	-,053	,079	,259	,479**	1,000	,570**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,597	,765	,654	,129	,007	.	,001	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
derieki	Correlation Coefficient	,498**	,043	,267	,218	,423*	,455*	,570**	1,000	
	Sig. (2-tailed)	,007	,818	,151	,240	,018	,014	,001	.	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	



**Tablo 10 c.** Abrazyon grubunda histopatolojik bulguların birbirleri ile ilişkisi

3,00	nekroz	Correlation Coefficient	1,000	.	,254	.	,336	.	-,099	,062
		Sig. (2-tailed)	.	.	,172	.	,061	.	,585	,739
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	intraepi	Correlation Coefficient	.	.	.	.	.	.	.	.
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	dermoepi	Correlation Coefficient	,254	.	1,000	.	-,307	.	-,307	-,141
		Sig. (2-tailed)	,172	.	.	.	,086	.	,089	,447
		N	30	30	30	30	30	30	30	30
	ikiside	Correlation Coefficient	.	.	.	.	.	.	.	.
Sig. (2-tailed)		.	.	.	.	.	.	.	.	
N		30	30	30	30	30	30	30	30	
uzama	Correlation Coefficient	,336	.	-,307	.	1,000	.	,137	-,126	
	Sig. (2-tailed)	,061	.	,086	.	.	.	,432	,482	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
hiperkro	Correlation Coefficient	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.	.	.	.	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
homoje.	Correlation Coefficient	-,099	.	-,307	.	,137	.	1,000	,330	
	Sig. (2-tailed)	,585	.	,089	.	,432	.	.	,068	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	
derieki	Correlation Coefficient	,062	.	-,141	.	-,126	.	,330	1,000	
	Sig. (2-tailed)	,739	.	,447	.	,482	.	,068	.	
	N	30	30	30	30	30	30	30	30	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## **4.2. Bilgisayarlı görüntü analizi sonuçları**

Bilgisayarlı görüntü analizi yöntemi ile olgu ayırımı olmaksızın elektrik çarpması grubunda 467, alev yanığı grubunda 330, abrazyon grubunda 525 adet epidermal nükleusda alan, perimetre (nükleus çevresi), form faktör (yuvarlaklık indeksi), en kısa eksen, en uzun eksen, kısa eksenin uzun eksene oranı ölçülmüştür (Tablo 11).

### **4.2.1. Nükleus alanı**

- Alev yanığı lezyonlarında ve abrazyon türü lezyonlarda epidermal hücrelerin nükleus alanı, elektrik çarpması lezyonlarına göre anlamlı olarak fazladır (p değeri sırası ile 0.001 ve 0.000).

- Alev yanığı ve abrazyon grubu arasında bu açıdan anlamlı fark görülmemiştir (p=0.985).

### **4.2.2. Nükleus çevresi (Perimetre)**

- Nükleusun çevre ölçümü dikkate alındığında elektrik çarpması lezyonlarında çevre uzunluğunun alev yanığı lezyonlarına göre (p= 0.000) ve abrazyon türü lezyonlara göre (p=0.000) anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür.

- Alev yanığı ve abrazyon grubu arasında ise anlamlı fark bulunmamıştır (p= 0.125).

### **4.2.3. Nükleer form faktör**

- Ortalama nükleer form faktör elektrik çarpması grubunda 4.0273, alev yanığı grubunda 2.2648, abrazyon grubunda 2.0941 bulunmuştur (Grafik 10).

- Elektrik çarpması grubunda alev yanığı ve abrazyon grubuna göre nükleer form faktörün anlamlı olarak yüksek olduğu (p değeri her ikisi için 0.000) saptanmıştır.

- Alev yanığı ve abrazyon grupları arasında nükleer form faktör açısından anlamlı fark bulunmamıştır (p= 0.318).

### **4.2.4. Nükleus minimum ekseni**

- Minimum eksenin en yüksek ölçüldüğü grup abrazyon grubudur.

- Abrazyon grubunda minimum eksen uzunluğu elektrik çarpması grubuna göre anlamlı derecede yüksektir (p=0.000).

- Alev yanığı lezyonlarında minimum eksen uzunluğu elektrik çarpması lezyonlarına göre yüksektir ancak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p=0.052$ ).

- Minimum eksen açısından abrazyon ve alev yanığı lezyonları arasında anlamlı fark yoktur ( $p=0.372$ ).

#### **4.2.5. Nükleusun maksimum eksen**

- Epidermal hücre nükleuslarının maksimum ekseninin en yüksek ölçüldüğü grup elektrik çarpması grubudur. Elektrik çarpması grubunda maksimum eksen hem alev yanığı hem de abrazyon grubuna göre anlamlı derecede yüksektir ( $p=0.000$ ).

- Alev yanığı ile abrazyon grubu arasında da anlamlı fark mevcuttur. Alev yanığı lezyonlarında maksimum eksen anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır ( $p=0.006$ ).

#### **4.2.6. Minimum eksenin maksimum eksene oranı**

- Bu oranın en yüksek olduğu grup abrazyon grubudur. Abrazyonda saptanan oran hem elektrik çarpmasına, hem de alev yanığı lezyonlarına göre anlamlı derecede yüksektir ( $p=0.000$ ).

- Elektrik çarpması ve alev yanığı lezyonları arasında ise anlamlı fark bulunmamıştır ( $p=0.970$ ).

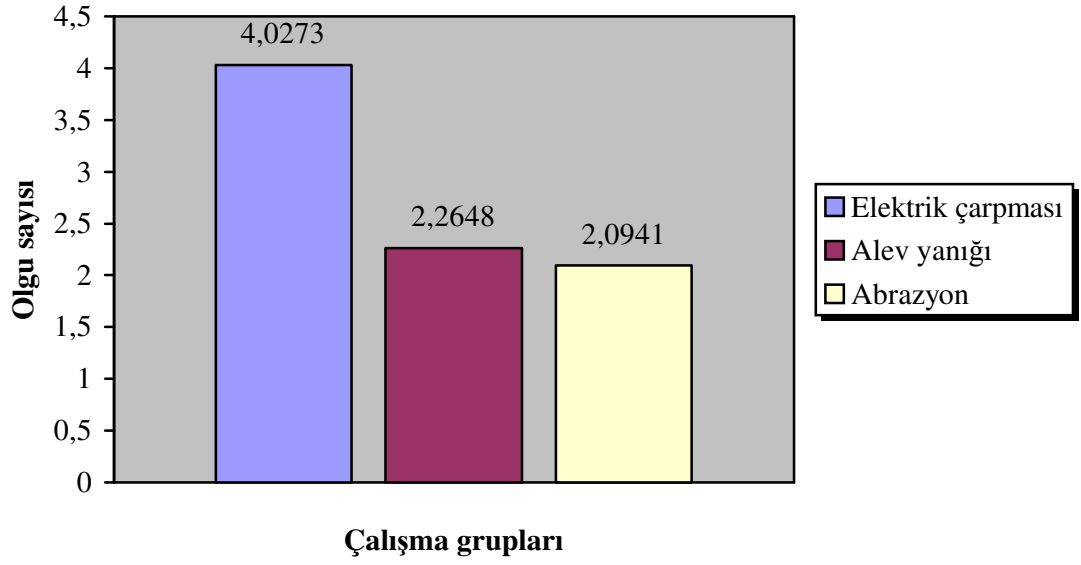
Her bir grup içinde, BGA yöntemi ile elde edilen morfolojik ölçümlerin birbiri ile ilişkisi değerlendirildiğinde (Tablo 12) ;

- Her grupta epidermal hücre nükleuslarında çevre uzunluğu arttıkça, alan da artmaktadır.

- Her grupta maksimum ve minimum eksen uzunluğu arttıkça, nükleus alanı ve çevre uzunluğu artmaktadır.

- Her grupta maksimum eksen ile form faktör arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki saptanmıştır.

**Grafik 10.** Grupların nükleer form faktör değerleri



**Tablo 11.** Her grupta ilk 27 hücrenin bilgisayarlı görüntü analizi sonuçları

	elektrik	elektrik	elektrik	elektrik	elektrik	elektrik	alev	alev	alev	alev	alev	alev	abrazyon	abrazyon	abrazyon	abrazyon	abrazyon	abrazyon
	alan	perimetre	formfaktor	dmin	dmax	dmin/dmax	alan	perimetre	formfaktor	dmin	dmax	dmin/dmax	alan	perimetre	formfaktor	dmin	dmax	dmin/dmax
1	64,00	80,77	8,11	8,36	27,17	0,31	50,50	29,14	1,34	5,17	9,85	0,26	50,03	59,23	5,58	7,01	15,74	0,61
2	64,00	80,77	8,11	8,36	27,17	0,31	55,25	24,44	0,86	5,46	7,90	0,35	50,5	22,73	0,81	4,75	9,12	0,52
3	64,00	80,77	8,11	8,36	27,17	0,31	55,25	24,44	0,86	5,46	7,90	0,35	51,5	30,21	1,41	2,97	12,9	0,23
4	66,50	83,36	8,31	10,73	31,62	0,34	55,50	38,21	2,09	3,81	16,10	0,12	51,75	46,64	3,35	6,13	14,39	0,59
5	68,00	72,28	6,11	7,00	23,51	0,30	61,00	29,97	1,17	3,71	12,96	0,14	51,75	46,64	3,35	6,13	14,39	0,59
6	70,00	62,14	4,39	4,72	29,00	0,16	61,75	30,02	1,16	3,85	12,16	0,16	52	22,14	0,75	5	7,9	0,63
7	70,00	83,60	7,94	10,66	24,33	0,44	65,00	30,14	1,11	4,00	12,17	0,16	52,5	26,14	1,04	4,24	10,81	0,39
8	72,00	67,60	5,05	6,58	27,30	0,24	65,00	30,14	1,11	4,00	12,17	0,16	53,48	35,1	1,83	4,94	12,71	0,54
9	75,00	59,46	3,75	6,00	25,06	0,24	66,25	40,33	1,95	7,50	9,82	0,38	54,5	29,97	1,31	4,01	12,41	0,32
10	75,00	77,25	6,33	8,43	23,68	0,36	67,00	37,14	1,64	3,79	16,00	0,12	54,86	44,76	2,91	4,14	19,32	0,3
11	75,50	63,70	4,28	6,43	24,72	0,26	67,00	37,14	1,64	3,79	16,00	0,12	54,86	44,76	2,91	4,14	19,32	0,3
12	75,50	67,36	4,78	8,48	24,19	0,35	72,25	24,26	0,65	5,28	9,48	0,28	55,25	24,43	0,86	5,44	9,05	0,6
13	76,00	75,46	5,96	5,02	33,20	0,15	72,25	24,26	0,65	5,28	9,48	0,28	55,25	24,43	0,86	5,44	9,05	0,6
14	76,50	50,38	2,64	7,00	18,25	0,38	76,00	41,87	1,84	5,30	15,40	0,17	55,25	33,02	1,57	3,26	14,79	0,22
15	77,00	59,11	3,61	8,15	21,57	0,38	78,25	29,61	0,89	6,43	10,43	0,31	55,75	30,26	1,31	6,87	8,85	0,78
16	77,50	71,50	5,25	4,16	31,23	0,13	78,25	29,61	0,89	6,43	10,43	0,31	55,89	27,7	1,09	5,52	10,71	0,71
17	78,00	49,80	2,53	6,32	21,57	0,29	79,25	54,65	3,00	9,18	12,85	0,36	56	28,73	1,17	4,72	9,34	0,51
18	78,00	63,11	4,06	8,66	23,31	0,37	79,25	54,65	3,00	9,18	12,85	0,36	56,24	45,1	2,88	6,39	11,87	0,74
19	78,50	54,87	3,05	8,70	19,09	0,46	80,00	65,60	4,28	6,42	25,80	0,25	56,24	45,1	2,88	6,39	11,87	0,74
20	79,00	74,63	5,61	7,00	26,06	0,27	81,25	41,51	1,69	3,77	17,25	0,11	56,25	41,51	2,44	2,78	18,83	0,15
21	79,00	48,14	2,33	6,00	20,21	0,30	81,75	27,85	0,75	7,00	9,05	0,39	56,25	52,51	3,9	3,35	22,45	0,15
22	80,00	76,28	5,79	6,85	33,13	0,21	81,75	27,85	0,75	7,00	9,05	0,39	56,25	52,51	3,9	3,35	22,45	0,15
23	80,50	67,36	4,48	6,72	27,77	0,24	83,00	27,73	0,74	6,14	10,25	0,30	56,58	26,89	1,02	6,21	9,58	0,89
24	81,00	54,28	2,90	5,30	23,74	0,22	83,00	27,73	0,74	6,14	10,25	0,30	57,27	48,83	3,31	4,07	20,11	0,28
25	81,00	49,46	2,40	6,16	20,11	0,31	84,50	86,04	6,97	6,19	36,32	0,17	58,5	34,8	1,65	6,76	9,82	0,69
26	81,50	49,21	2,36	5,56	21,08	0,26	84,50	86,04	6,97	6,19	36,32	0,17	58,65	33,79	1,55	6,94	11,42	0,84
27	82,00	62,28	3,76	6,02	26,66	0,23	85,00	84,43	6,67	8,00	32,37	0,25	58,65	33,79	1,55	6,94	11,42	0,84

**Tablo12 a.** Elektrik çarpması grubunda BGA sonuçlarının birbiri ile ilişkisi (dmin: minimum eksen, dmax: maksimum eksen) (devamı arka sayfada)

**Pearson Correlation Coefficients**

GRUP			alan	perimetre	formfaktor	dmin	dmax	dmin_dmax
1,00	alan	r	1	,818**	,060	,687**	,842**	-,401**
		p		,000	,199	,000	,000	,000
		N	465	465	465	465	465	465
	perimetre	r	,818**	1	,587**	,516**	,962**	-,608**
		p	,000		,000	,000	,000	,000
		N	465	465	465	465	465	465
	formfaktor	r	,060	,587**	1	-,020	,482**	-,490**
		p	,199	,000		,666	,000	,000
		N	465	465	465	465	465	465
	dmin	r	,687**	,516**	-,020	1	,404**	,225**
		p	,000	,000	,666		,000	,000
		N	465	465	465	465	465	465
	dmax	r	,842**	,962**	,482**	,404**	1	-,713**
		p	,000	,000	,000	,000		,000
		N	465	465	465	465	465	465
	dmin_dmax	r	-,401**	-,608**	-,490**	,225**	-,713**	1
		p	,000	,000	,000	,000	,000	
		N	465	465	465	465	465	465

**Tablo 12 b.** Alev yanığı grubunda BGA sonuçlarının birbiri ile ilişkisi (devamı arka sayfada)

2,00	alan	r	1	,745**	,088	,824**	,673**	,273**
		p		,000	,113	,000	,000	,000
		N	328	328	328	328	328	328
	perimetre	r	,745**	1	,693**	,682**	,942**	,159**
		p	,000		,000	,000	,000	,004
		N	328	328	328	328	328	328
	formfaktor	r	,088	,693**	1	,186**	,666**	-,022
		p	,113	,000		,001	,000	,693
		N	328	328	328	328	328	328
	dmin	r	,824**	,682**	,186**	1	,496**	,713**
		p	,000	,000	,001		,000	,000
		N	328	328	328	328	328	328
	dmax	r	,673**	,942**	,666**	,496**	1	-,031
		p	,000	,000	,000	,000		,572
		N	328	328	328	328	328	328
	dmin_dmax	r	,273**	,159**	-,022	,713**	-,031	1
		p	,000	,004	,693	,000	,572	
		N	328	328	328	328	328	328

**Tablo12 c.** Abrazyon grubunda BGA sonuçlarının birbiri ile ilişkisi

3,00	alan	r	1	,777**	-,030	,838**	,729**	,027
		p		,000	,498	,000	,000	,543
		N	523	523	523	523	523	523
perimetre	r	,777**	1	,536**	,774**	,907**	-,164**	
	p	,000		,000	,000	,000	,000	
	N	523	523	523	523	523	523	
formfaktor	r	-,030	,536**	1	,134**	,466**	-,290**	
	p	,498	,000		,002	,000	,000	
	N	523	523	523	523	523	523	
dmin	r	,838**	,774**	,134**	1	,601**	,311**	
	p	,000	,000	,002		,000	,000	
	N	523	523	523	523	523	523	
dmax	r	,729**	,907**	,466**	,601**	1	-,398**	
	p	,000	,000	,000	,000		,000	
	N	523	523	523	523	523	523	
dmin_dmax	r	,027	-,164**	-,290**	,311**	-,398**	1	
	p	,543	,000	,000	,000	,000		
	N	523	523	523	523	523	523	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



## 5.TARTIŞMA

Elektrik akımının vücuda girdiği ve devreyi tamamlayarak vücudu terk ettiği alanlarda Joule yanıkları adı verilen elektrik yanıkları meydana gelmektedir. Yanık, elektrik akımının yanı sıra termal etkenler, kimyasal maddeler ve radyasyonun meydana getirdiği hasarlar için de kullanılan bir terimdir. Bu lezyonların makroskopik görünümü etkene göre fazla değişenlik göstermese de her lezyonda farklı bir mekanizmanın devreye girdiği bilinmektedir (37).

Adli tıp pratiğinde olay yeri incelemesi ile elektrik temasının kesin olarak ortaya konulamadığı olgularda, görülen deri lezyonunun elektrik akımına bağlı olup olmadığını anlamak ve benzer mikroskopik bulguların gözlendiği termal yanıklardan, abrazyon türü travmalardan ayırımını yapmak konusunda sorunlar yaşanabilmektedir.

Elektrik akımı dokudan geçtiği zaman ısı üretimi meydana gelir. Üretilen ısının miktarı direnç ve zamanla doğru orantılı, amper ve voltajın ise karesiyle doğru orantılı olarak artmaktadır (40). Elektrik akımının etki mekanizması ile ilgili iki farklı görüş mevcuttur. Bu görüşlerden biri elektrik akımının dokuda ısı artışına neden olarak termal yanık meydana getirdiğini ve tek etkisinin bu olduğunu savunurken (64), diğer görüş, termal etkinin yanı sıra ikinci bir etki mekanizmasına sahip olduğunu, hücrelerde elektrik yüklü moleküllerin dağılımını ve membran potansiyellerini değiştirdiğini ileri sürmektedir (40).

Elektrik lezyonlarında epidermis içinde ayrışmalar, mikrovezikül oluşumu ve epidermisin dermal papillalardan ayrışması sık görülen değişikliklerdir. Epidermis içinde hücrelerin alt epidermisten ayrışması ile oluşan yarık, elektrik kanalı olarak adlandırılmaktadır (2). Bu ayrışmanın nedeni ısı artışına bağlı olarak doku sıvılarının buharlaşması ile epidermal hücreleri birbirinden ayrılmasıdır (52). Otopsilerden elde edilen deri örneklerine farklı değerlerde elektrik akımı verilerek yapılan bir çalışmada 4, 12, 18, 24 ve 36 volt uygulanarak oluşturulan lezyonların hiçbirinde subepidermal ayrışma görülmezken 48 volt ve üzerinde değişen oranlarda subepidermal ayrışma gözlenmiştir (57). Anestezi verilmiş farelerde oluşturulan elektrik lezyonlarının değerlendirildiği bir başka çalışmada da benzer olarak akımın gerilimi arttıkça epidermiste ayrışma görülme olasılığının arttığı belirtilmiştir (28). 220 volt ile oluşturulan elektrik lezyonlarının %90'ında subepidermal ayrışma görülmektedir.

Epidermal ayrışma elektrik lezyonlarına özgü bir bulgu olmayıp termal yanıklarda da izlenebilen bir değişikliktir (1).

Çalışmamızda intraepidermal ve subepidermal ayrışmalar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elektrik çarpması olgularını içeren grupta %73.3 olguda intraepidermal ayrışma meydana geldiği, alev yanığı lezyonlarında bu oranın %13.3'e düştüğü, elektrik çarpması grubunda intraepidermal ayrışma sıklığının anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ( $\chi^2$ :44.56, p=0.000). Abrazyon grubunda ise ayrışmanın epidermis içinde değil subepidermal alanda meydana geldiği saptanmıştır.

Epidermide hücreler arasında desmozom adı verilen bağlantılar mevcuttur. Epidermin çoğunu oluşturan stratum spinosum tabakası yani spinal tabaka hücreleri birbirlerine desmozomlar aracılığı ile bağlı iken epidermin en alt tabakası olan bazal tabakada yer alan hücreler birbirlerine desmozomlarla, alttaki bazal laminaya ise hemidesmozom adı verilen bağlantılarla tutunurlar. Desmozomal bağlantı en iyi stratum spinosum tabakasında izlenir, bu nedenle bu tabaka epidermin en dirençli tabakasıdır (65). Olgularımızda intraepidermal ayrışmanın elektrik çarpması grubunda alev yanığı ve abrazyon grubuna göre daha sık görülmesi, elektrik lezyonlarında dokuda ısı artışının daha fazla olduğu ve bu nedenle en dirençli olan spinal tabakada ayrışma meydana getirebildiği şeklinde yorumlanabilir. Abrazyon grubunda sadece subepidermal ayrışma izlenmesinin nedeni ısı artışının intraepidermal ayrışma için yeterli olmaması olabilir ancak abrazyonun sıyrıma tarzında künt travma sonucu meydana geldiği de gözönüne alınmalıdır.

Deride ısı artışı çok fazla ise tüm epidermisi tutan koagülasyon nekrozu meydana gelebilir (2). Elektrik akımı sonucu meydana gelen ölümlerde temasın olduğu alanda ısı 95 °C'ye kadar çıkabilmektedir (52). Çalışmamızda epidermide nekroz 14 (%46.7) olgu ile en fazla elektrik çarpması grubunda izlenirken alev yanığı lezyonlarında bu sayı 11 (%36.7), abrazyon grubunda ise 3 (%10) olarak saptanmıştır. Elektrik akımı lezyonlarında epidermal nekroz sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p=0.007). Bu sonuç, elektrik çarpması lezyonlarında epidermide nekroza neden olabilecek kadar ısı artışının meydana geldiği şeklinde yorumlanabilir.

Yanık lezyonlarında epidermal nükleer uzama (elongasyon, streaming), piknoz, çit şeklinde dizilme (palizadlanma, nükleer streaming) şeklinde değişiklikler görülür (2). Önceleri piknotik ve uzamış görünümdeki bu nükleusların elektrik enerjisinin

elektromanyetik etkisi ile oluştukları ve akım yönüne paralel şekilde dizildikleri görüşü taraftar bulmaktaydı (58,68). Ancak günümüzde epidermal nükleer uzamanın elektrik çarpması tanısında kullanılması konusunda tartışmalar mevcuttur, çünkü yapılan çalışmalar benzer nükleer uzamaların termal yanıklar, künt travmatik deri yaralanmaları, koterizasyon, kuruma, donma ve barbitürat zehirlenmelerde görülen blisterlerin kenarlarında da bulunduğunu ortaya koymuştur (44). Takamiya ve ark. (58) farelerde elektrik, termal ve kontüzyon türü deri lezyonlarını inceledikleri çalışmalarında termal lezyonların hemen tamamında epidermal hücrelerde nükleer uzama saptamışlar ve bunun epidermis incilmesi ile korele olduğunu göstermişlerdir. Epidermal nükleer uzamanın deride sıcaklık artışının bir göstergesi olduğu, ısı ile ödemli hale gelen dermisin epidermisi basıya uğratması sonucu epidermis kalınlığının azalması ve nükleusların düzleşmesi ile meydana geldiği, yani ödem sonucu oluşan dermal basının mekanik etki ile epidermal nükleer uzamaya neden olduğu sonucuna varılmıştır (58,69). Şirin (57), postmortem örneklenmiş deriye değişik voltajlarda elektrik akımı verdiği çalışmasında, akımın gerilimi arttıkça, epidermal nükleer uzama görülme sıklığının da arttığını, makroskopik olarak deri lezyonlarının görülmediği düşük voltajlarda bile epidermal nükleer uzamanın mikroskopik olarak tespit edilebildiğini bildirmiştir.

Çalışmamızda, epidermal nükleer uzama derecelendirilmiş, elektrik çarpması grubunda olguların %93.3'ünde ileri derecede nükleer uzama saptanırken, alev yanığı grubunda olguların %70'inde orta derecede nükleer uzama saptanmıştır. Abrazyon grubunda ise olguların yarıya yakınında (%46.7) nükleuslarda hafif derecede uzama görülmüştür. Elektrik çarpması grubunda nükleer uzama şiddeti anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p=0.000). Bu sonuç elektrik çarpması grubunda dokuda ısı artışının daha yüksek olma olasılığı ile açıklanabilir.

Xu ve ark. (69) normal deri ile elektrik akımıyla hasarlanmış deri arasında morfolojik farklılıkları incelediği çalışmasında sadece epidermal hücrelerde değil kıl follikülü epitelinde de nükleer uzama saptamışlardır.

Çalışmamızda olgular kıl follikülü epitelinde nükleer uzama açısından değerlendirildiğinde elektrik çarpması grubunda tüm olgularda, abrazyon grubunda ise, bir olgu hariç tüm olgularda bu değişikliğin meydana geldiği saptanmıştır. Alev yanığı grubunda bu oran %70'e düşmektedir. Alev yanığı grubunda kıl follikülü epitelinde

uzama sıklığının diğer iki gruba göre anlamlı olarak düşük olduğu görülmüştür (p=0.000). Sonuçta tüm gruplarda olguların çoğunda ya da tamamında kıl follikülü epitelinde nükleer uzama görülmesi bu değişikliğin ısı artışının bir sonucu olduğunu düşündürmektedir.

Hem elektrik akımı lezyonlarında hem de ısı lezyonlarında kromatinde kabalaşma sonucu nükleusda koyu boyanmanın saptandığı çalışmalar bildirilmiştir (15,61,62,69). Çalışmamızda, epidermal hücre nükleuslarında koyu boyanma 1 elektrik olgusu hariç her üç grupta, tüm olgularda izlenmiştir. Bu sonuç koyu boyanmanın ısı artışına bağlı meydana gelebileceğini düşündürmekle birlikte abrazyon grubunda nükleuslarda koyu boyanma şiddetinin diğer iki gruba göre anlamlı derecede yüksek olması bu görüşü desteklememektedir ( $\chi^2$ : 20.81, p=0.000). Çalışmamızda pek çok olguda çevre normal epidermise ait örnek bulunmadığından nükleusun koyu boyanması açısından çevre ile kıyaslama yapılamamıştır. Her üç grupta, lezyon alanındaki epidermis hücreleri ile lezyona komşu ancak etkilenmemiş epidermisdeki hücrelerin kromatin yapılarının karşılaştırılması bu konuda daha yol gösterici olacaktır. Kromatin yoğunluğunun BGA tekniği ile değerlendirilmesi mümkündür, ancak bu değerlendirmede rutin kesitlerde izlenebilen teknik farklılıklar değerlendirmeyi güvenilir olmaktan uzaklaştırmaktadır. Olgularımız tespit, takip ve boyama açısından homojen olmadığından, BGA ile kromatin değerlendirmesi yapılmamıştır.

Elektrik çarpması lezyonlarında dermisde kollajen liflerde şişme ve denaturasyon sonucu homojenizasyon meydana gelmektedir (39,68). Kollajen liflerde izlenen bu değişiklikler termal yanıklarda da izlenebilmektedir ve elektrik akımına spesifik değildir. Şirin, kollajen lif değişimi 4 ve 12 volt akım uygulanması sonucunda gözlenmez iken, 18 volt ve üzeri akım değerleriyle oluşturulan lezyonlarda giderek artan oranlarda homojenizasyon izlendiğini bildirmiştir (57). Bu bulgu bölgede ısı arttıkça kollajen liflerde denaturasyonun meydana geldiğini düşündürmektedir. Başka bir çalışmada epidermal nükleer uzama insidansının denatüre olmuş, dermal kollajen liflerin kalınlığı ile korele olduğu gösterilmiştir (58).

Çalışmamızda, elektrik çarpması grubunda yer alan bir olgu dışında tüm olgularda homojenizasyon değişik derecelerde de olsa mevcuttur. Bu bulgu dermisde homojenizasyonun ısı artışı ile meydana geldiği görüşünü desteklemektedir. Bununla birlikte homojenizasyonun derinliği açısından üç grup ki-kare testiyle karşılaştırılmış ve

abrazyon grubunda homojenizasyon derinliğinin anlamlı olarak arttığı görülmüştür (p=0.014).

Çalışmamızda, morfolojik kriterlerin birbiri ile korelasyonları açısından her grup kendi içinde incelendiğinde elektrik çarpması lezyonlarında nükleer koyu boyanma ile homojenizasyon derinliği arasında pozitif yönde korelasyon bulunmuştur. Alev yanığı grubunda ise hemen tüm histopatolojik kriterlerin birbiri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Epidermiste nekroz mevcutsa intraepidermal ayrışma daha fazla görülmekte (r:0.438, p=0.018), epidermal hücre nükleusları daha koyu boyanmakta (r: 0.386, p= 0.038), dermiste homojenizasyon derinliği artmakta (r:0.673, p= 0.000), kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı artmaktadır (r:0.498, p= 0.007). Epidermal hücre nükleuslarında uzama derecesi arttıkça nükleus daha koyu boyanmakta (r:0.526, p= 0.003) ve kıl follikülünde nükleer uzama görülme sıklığı artmaktadır (r:0.423, p= 0.018). Epidermal hücre nükleuslarında koyu boyanma derecesi arttıkça homojenizasyon daha derinlere inmekte (r:0.479, p= 0.007), kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme olasılığı artmaktadır (r:0.455, p=0.014). Homojenizasyon derinliği arttıkça kıl follikülü epitelinin nükleuslarında uzama görülme sıklığı artmaktadır (r:0.570, p=0.001).

Dokularda elektrolit içeriği dolayısı ile direnci farklı alanlar olduğundan ve elektrik akımı direnci en düşük alanları takip ederek yayıldığından elektrik lezyonlarında segmental bir dağılımdan söz edilmektedir, yani lezyonda arada etkilenmemiş alanlar da izlenir. Termal yanıklarda ise lezyon yaygın karakterdedir, termal enerji tüm deriye eşit yayılmakta, dermiste yaygın değişikliklere neden olmaktadır. Elektrik ve ısı lezyonlarında izlenen morfolojik farklılıkların aslında birim alanda depolanan enerjinin farklı olması ile açıklanabileceği öne sürülmektedir (37,44). Bir çalışmada elektrik lezyonlarında 4, 12 ve 18 voltluk uygulamalarda segmental lezyon saptanmamış, daha sonra artan akım değerleri ile segmental lezyon görülme sıklığında artış olduğu gösterilmiştir. Yetmiş beş volt akım uygulamalarının %90 olguda; 110 volt uygulamasında ise tüm olgularda segmental lezyon saptanmıştır (57).

Çalışmamızda elektrik çarpması grubunda 3 olguda segmental özellik izlenmiş, 3 olgu segmental dağılım açısından şüpheli bulunmuş, diğer elektrik çarpması olguları ile alev yanığı ve abrazyon grubu olgularında ise segmental özellik saptanmamış, lezyonlar yaygın olarak değerlendirilmiştir. Bazı yazarlar yüksek voltaj ve amper kullanılarak

yapılan deneylerde yoğun ısı üretimi nedeni ile elektrik akımının elektroliz etkisinin kamufle olabileceğini, ısı artışının morfolojik özelliklerinin öne çıkacağını savunmaktadır (62). Ayrıca saf termal etki ya da saf elektrik hasarına bağlı etkilerin oranının akımın geçiş süresi ile ilişkili olduğu, elektrik kaynağı ile temas süresi kısa ise hücreler üzerinde termal olmayan mekanizmaların daha etkili olacağı, buna rağmen temas süresi uzunsa termal hasarın ön plana geçeceği ileri sürülmektedir (38). Çalışmamızda elektrik çarpması lezyonlarında segmental özelliğin nadir izlenmesinin sebebi akımın kaynağının şehir şebekesi olması nedeniyle dokuda ısı artışının fazla olması, ayrıca 60 Hz'lik alternatif akımın iskelet kaslarında tetanik kasılmalara neden olarak (20,52) temas süresini uzatması ve böylece termal hasarın ön plana geçmesi olabilir. Bir diğer neden ise örnekleme yetersizliğidir çünkü segmental lezyona karar verebilmek için lezyonun çevre ile birlikte ve kas dokusunu da içerecek derinlikte alınması gerektiği bildirilmektedir (31). Tüm olgularımız bu şartı yerine getirmemektedir. Bu nedenle segmental tutulum istatistiksel değerlendirmede morfolojik kriterler arasına alınmamıştır.

BGA, subjektif bir değerlendirme olan ışık mikroskopisi incelemesine objektiflik kazandıran bir methodur. Bu yöntem sayesinde histolojik kesitlerde hücre nükleuslarının belli kısımlarının örneğin uzunluklarının, çaplarının, çevrelerinin, koyuluk derecelerinin bilgisayar teknolojisi ile ölçülmesi mümkün olmaktadır (11). BGA prostat kanserinin prognostik faktörlerinin araştırılması, yaşa bağlı deri değişiklikleri, mekanik gerilme gücüne karşı derinin cevabı, pigmente deri lezyonlarında melanositlerin değerlendirilmesi, kas liflerinde hipertrofi gibi pek çok farklı konuda kullanılmıştır (18,23,35,42,45,51,66).

Xu ve ark. (69) BGA yöntemini elektrik çarpması lezyonlarında kullanmışlar, bu lezyonlarda ve çevre deriden alınan örneklerde morfolojik farklılıkları ortaya koyarak elektrik lezyonları için objektif bir yaklaşım sağlamaya çalışmışlardır. Her olguda, epidermide ve kıl folliküllerinde sınırları seçilebilen 10 hücrede, maksimum eksen ve minimum ekseni ölçüp bunların birbirine oranını saptamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda normal deri ile elektrik akımı ile hasarlanmış deri arasında maksimum/minimum eksen oranı açısından belirgin farklılık olduğunu, elektrik lezyonunda bu oranın çok arttığını, bu farkın temelinde maksimum eksenin uzamasından çok minimum eksenin azalmasının yattığını, bu nedenle nükleusun uzamış değil incelmış olarak tarif

edilmesinin daha doğru olacağını öne sürmüşlerdir.

Çalışmamızda, olguların mikroskopik resimlerinin görüntü analizi yapılmış, epidermal hücre nükleuslarında alan, perimetre, nükleer form faktör, nükleusun minimum eksenini, nükleusun maksimum eksenini, minimum ekseninin maksimum eksene oranını ölçülmüştür. Elektrik çarpması lezyonlarında epidermal hücrelerin nükleus alanı alev yanığı ve abrazyon grubuna göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur (p değeri sırası ile 0.001 ve 0.000). Epidermisde hücre nükleuslarının çevre uzunluğu ise elektrik çarpması grubunda alev yanığı grubuna göre (p=0.000) ve abrazyon grubuna göre (p=0.000) anlamlı olarak yüksektir. Bu sonuçla elektrik lezyonlarında ışık mikroskopik inceleme ile saptanan belirgin nükleer uzama BGA tekniği ile de gösterilmiştir.

Diamond ve ark. (18) prostat kanserleri ile ilgili BGA çalışmasında nükleer ölçümlere bir yenisini eklemişler, kanser hücrelerinde nükleer boyutlara dayanan “form faktör” ya da “yuvarlaklık indeksi” (*compactness*) adını verdikleri bir ölçüt tanımlamışlardır. Nükleer form faktör 1 değerinin üzerine çıktıkça hücre nükleusunun ideal bir çember yapısından uzaklaştığını ve bunun tümörün prognozu açısından önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Çalışmamızda nükleer form faktör değeri elektrik çarpması lezyonlarında 4.0273, alev yanığı lezyonlarında 2.2648, abrazyonlarda 2.0941 bulunmuştur. Her grupta nükleer form faktör yani yuvarlaklık indeksi 1’den fazladır çünkü tüm olgularda nükleer uzama meydana gelmekte, nükleus yuvarlaklığını kaybetmektedir. Elektrik çarpması grubunda bu değer diğer iki gruba göre anlamlı olarak artmıştır (her ikisi için p:0.000). Nükleer form faktör,  $\text{perimetre}^2 / \text{alan}$  formülü ile hesaplandığından (67) perimetrede artma ve nükleus alanında azalma izlenen elektrik akımı lezyonlarında nükleer form faktörün diğer gruplara göre daha fazla olması beklenen bir sonuçtur. Günümüze kadar daha çok tümör patolojisinde kullanılan bir kriter olan nükleer form faktörün elektrik çarpması lezyonlarını hem alev yanığı hem de abrazyon türü lezyonlardan ayırmada değerli bir kriter olduğu görülmüştür.

Hücre nükleusunun minimum ekseninin en fazla ölçüldüğü grup abrazyon grubudur. Abrazyon grubunda hücre nükleuslarının minimum eksen uzunlukları elektrik çarpması grubuna göre anlamlı derecede fazladır (p:0.000). Minimum eksen açısından abrazyon ve alev yanığı lezyonları arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Nükleer uzamanın yani maksimum ekseninin en yüksek ölçüldüğü grup ise elektrik çarpması

grubudur. Elektrik çarpması grubunda maksimum eksen hem alev yanığı, hem de abrazyon grubuna göre anlamlı derecede yüksektir ( $p=0.000$ ). Minimum eksen/maksimum eksen değerleri incelendiğinde abrazyon grubunda bu oranın elektrik çarpması ve alev yanığı lezyonlarına göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür ( $p=0.000$ ). Bu açıdan elektrik çarpması ve alev yanığı lezyonları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ( $p=0.970$ ). Bu bulgular ışık mikroskopunda saptanan sonuçları yani nükleer uzamanın en fazla elektrik çarpması grubunda, en az abrazyon grubunda izlendiği bulgusunu desteklemektedir.

İnsan hakları ihlalleri açısından elektrik işkencesi iddiası adli tıp uygulamalarında karşılaşılan bir durumdur. Elektrikle işkence uygulamaları, 110 ya da 240 volt şebeke akımı ile uygulanabileceği gibi düşük voltajlı akım üreten manyetolar ile de uygulanabilmektedir. Sık tercih edilen bir diğer yöntem ise elektroşok aletidir. Bu şekilde yüksek voltajlı akım çok kısa bir süre verildiğinden fiziksel hiçbir bulgu oluşmadan şiddetli kas kasılmaları ve ağrı oluşması sağlanabilmektedir. Elektrikle işkence sonucu meydana gelen lezyonlar genellikle birkaç hafta içerisinde tamamen yok olduğundan karşılaşılan olguların büyük çoğunluğunda belirgin makroskopik bir lezyon saptanamamaktadır (57). Ancak, Şirin, makroskopik lezyonun gözlenmediği olgularda histopatolojik değişikliklerin saptanabileceğini, bu nedenle işkence iddiası ile başvuran kişinin ifadesi doğrultusunda alınan randomize biyopsilerin mikroskopik incelemesinin yararlı olacağını öne sürmektedir. Bu nedenle çalışmamızda uyguladığımız BGA tekniğinin işkence iddiası ile başvuran kişilerde saptanan deri lezyonlarından (görünen bir lezyon yok ise kişinin ifadesinde belirttiği deri alanından) alınan örneklerde uygulanmasının ve sonuçların çevre normal deri sonuçları ile karşılaştırılmasının iddiaların araştırılmasında yararlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Adli otopsilerde, deneysel çalışmaların aksine, özellikle şahit bulunmayan olgularda, elektrik ya da alev yanığının şiddeti ve maruz kalınan süre bilinmemektedir. Benzer şekilde abrazyon olgularında dokuda sürtünme sonucu oluşan ısı artışı da bilinmemektedir. Tüm bu bilinmeyenlere rağmen çalışmamızda, elektrik akımı, alev yanığı ve abrazyon türü yaralanmalarda ışık mikroskopu ile incelemede hangi morfolojik değişikliklerin ayırıcı tanıda yardımcı olabileceği ayrıca BGA'nın bu ayırımında fayda sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır.



## 6. SONUÇ

- İntraepidermal ayrışma en sık elektrik çarpması lezyonlarında, subepidermal ayrışma en sık alev yanıklarında izlenmiştir.
- Bir lezyonda intraepidermal ayrışma mevcutsa ya da intraepidermal ve subepidermal ayrışma birlikte görülüyorsa elektrik çarpmasına bağlı meydana gelmiş bir lezyon olma olasılığı yüksektir.
- Abrazyon grubunda epidermal nekroz sıklığı anlamlı olarak düşük bulunmuştur.
- Epidermiste nükleer uzamanın şiddetinin en yüksek olduğu grup elektrik çarpması grubudur. Abrazyon grubunda olguların yarıya yakınında epidermal nükleer uzama hafif derecededir.
- Epidermal hücre nükleuslarında koyu boyamanın en belirgin olduğu grup abrazyon grubudur.
- Abrazyon grubunda homojenizasyon derinliği diğer iki gruba göre anlamlı olarak artmaktadır.
- Bir lezyonda epidermal nükleuslarda hafif uzama mevcut iken nükleusda koyu boyanma belirgin ve dermiste homojenizasyon yaygın ise bu lezyonun abrazyon olma olasılığı yüksektir.
- Bu çalışmada BGA tekniğinin elektrik çarpması lezyonları, alev yanığı lezyonları ve abrazyon türü yaralanmaları morfolojik olarak ayırmada yararlı olduğu görülmüştür.
- BGA ile nükleer uzamanın yani maksimum eksenin en yüksek ölçüldüğü grup elektrik çarpması grubudur.

- BGA ile hücre nükleusunun minimum ekseninin en yüksek ölçüldüğü grup abrazyon grubudur. Minimum eksen açısından abrazyon ve alev yanığı lezyonları arasında anlamlı fark bulunamamış ancak abrazyon grubunda elektrik çarpması grubuna göre minimum eksenin anlamlı olarak fazla olduğu görülmüştür.

- Ortalama nükleer form faktör elektrik lezyonlarında 4.0273, alev yanığı lezyonlarında 2.2648, abrazyonlarda 2.0941 bulunmuştur. Her grupta nükleer form faktör yani yuvarlaklık indeksi 1'den fazladır çünkü tüm olgularda nükleer uzama meydana gelmekte, nükleus yuvarlaklığını kaybetmektedir. Elektrik lezyonlarında bu değer diğer iki gruba göre anlamlı olarak artmıştır (her ikisi için p: 0.000). Günümüze kadar daha çok tümör patolojisinde kullanılan bir kriter olan nükleer form faktörün elektrik çarpması lezyonlarını hem alev yanığı hem de abrazyon türü lezyonlardan ayırmada değerli bir kriter olduğu ortaya çıkmıştır.

- BGA tekniğinin işkence iddiası ile başvuran kişilerde saptanan deri lezyonlarından (görünen bir lezyon yok ise kişinin ifadesinde belirttiği deri alanından) alınan örneklerde uygulanmasının ve sonuçların çevre normal deri sonuçları ile karşılaştırılmasının iddiaların araştırılmasında yararlı olabileceği düşünülmüştür.

## 7. KAYNAKLAR

1. Aksoy ME.: Elektrik Akımlarının Meydana Getirdiği Yaralanmalar. İstanbul, 2004.
2. Al-Alousi LM. : Homicide by electrocution. Med Sci Law., 30 :239-46, 1990.
3. Arıcan N., Demirel D., Çakalır C., Fincancı ŞK., Yıldırım Ş., Baloğlu H.: Sol Ventrikül Hipertrofisinde Postmortem Tanı Ölçütleri: Bir Görüntü Analiz Çalışması. Türk Patoloji Dergisi., 13 :65-67, 1997.
4. Aşlar K., Saraç A., Gemalmaz A.: Yanıklı hastaya erken dönemde yaklaşım. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi., 9 :4, 2000.
5. Aalund O.: Sequelae to exposure of porcine skin to heat and electricity. Acta Med Leg Soc (Liege)., 30 :33-41, 1980.
6. Baxter CR.: Present concepts in the management of major electrical injury. Surg Clin North Am., 50 :1401-1418, 1970.
7. Blankenship ML.: Physical modalities. Electrosurgery, electrocautery and electrolysis. Int J Dermatol., 8 :443-452, 1979.
8. Bligh-Glover WZ., Miller FP., Balraj EK.: Two cases of suicidal electrocution. Am J Forensic Med Pathol., 25 :255-258, 2004.
9. Bonelli A., Bacci S., Vannelli B., Norelli A.: Immunohistochemical localization of mast cells as a tool for the discrimination of vital and postmortem lesions. Int J Legal Med., 117 :14-18, 2003.
10. Bush A.: What to look for when the patient suffers an electrical injury. RN., 50 :39-43, 1987.
11. Celasun B. : Nicel patoloji.[http://www.patoloji.gen.tr/nicel\\_patoloji\\_telepatoloji\\_98.htm](http://www.patoloji.gen.tr/nicel_patoloji_telepatoloji_98.htm) (erişim tarihi 29.5.07)
12. Centers for Disease Control and Prevention Morbidity and Mortality Weekly Report.: Lightning-Associated Injuries and Deaths among Military Personnel, United States, 1998—2001., 51 :859-862, 2002.

13. Christensen JA., Sherman RT., Balis GA., Wuamett JD.: Delayed neurologic injury secondary to high-voltage current, with recovery. *J Trauma.*, 20 :166-168, 1980.
14. Çetin G., Yorulmaz C.: Yeni yasalar çerçevesinde hekimlerin hukuki ve cezai sorumluluğu, tıbbi malpraktis ve adli raporların düzenlenmesi. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, No:48, İstanbul, 2006.
15. 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. *Forensic Sci Int.*, 12 :211-225, 1978.
16. DeBono R.: A histological analysis of a high voltage electric current injury to an upper Limb. *Burns.*, 25 :541-547, 1999.
17. Di Maio DJ., Di Maio VJM.: *Forensic Pathology.* Elsevier, New York, 367-376, 1993.
18. Diamond D.A., Berry S.J., Jewett H.J., Eggleston J.C., Coffey D.S.: A new method to assess metastatic potential of human prostate cancer; relative nuclear roundness. *J. Urol.*, 128 :729-734, 1982.
19. Duff K., McCaffrey RJ.: Electrical injury and lightning injury: a review of their mechanisms and neuropsychological, psychiatric and neurological sequelae. *Neuropsychology review.*, 11 :101-116, 2001.
20. Electrical injuries. [http://www.merck.com/mrkshared/mmanual\\_home/sec24/278.jsp](http://www.merck.com/mrkshared/mmanual_home/sec24/278.jsp) (erişim tarihi 10/9/2003)
21. Elliot JA.: Electrosurgery. *Arch Dermatol.*, 94 :340-450, 1966.
22. Eraslan N.: Teknik elektrik. 2.Basım, S 1-30, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul 1984.
23. Ersoy G.: Kalp patolojilerinde hipertrofinin mikroskopik değerlendirilmesi. Adli Tıp Kurumu, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2003 (Danışman: Prof. Dr. G. Çetin).
24. Fedakar R., Türkmen N., Eren B., Akan O., Saka E.: Elektrik akımı ile intihar, Olgu sunumu. *Adli Tıp Bül.*, 9 :87-90, 2004.

25. Goodman ME.: Electrically induced deaths involving water immersion. Am J Forensic Med Pathol., 14 :330-333, 1993.
26. Gök Ş, Soysal Z.: Elektrik akımlarının canlı organizmada meydana getirdiği lezyonlar ve bu lezyonların adli tıp açısından değerlendirilmesi. S 6-28, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul.
27. Grossman AR., Tempereau CE., Brones MF., Kulber HS., Pembroke LJ.: Auditory and neuropsychiatric behavior patterns after electrical injury. J Burn Care Rehabil., 14 :169-175, 1993.
28. Günaydın U.: Elektrik akımlarının neden olduğu lezyonlarında makroskopik ve ışık mikroskopisi bulgularının uyumluluğu. Adli Tıp Kurumu, Uzmanlık Tezi, İstanbul, 2002 (Danışman: Prof. Dr. E.Aksoy).
29. Hunt JL., Mason AD Jr., Masterson TS., Pruitt BA Jr.: The pathophysiology of acute electric injuries. J Trauma., 16 :335-340, 1976.
30. Hunt JL., Sato RM., Baxter CR.: Acute electric burns. Current diagnostic and therapeutic approaches to management. Arch Surg., 115 :434-438, 1980.
31. Janssen W.: Forensic Histopathology. Springer Verlag, Berlin, 1984.
32. Jones GRN.: Judicial electrocution and the prison doctor. Lancet., 355 :713-714, 1990.
33. Kalkan T., Demir M., Ahmed AS., Yazar S., Dervisoglu S., Uner HB., Cetinkale O.: A dynamic study of the thermal components in electrical injury mechanism for better understanding and management of electric trauma: an animal model. Burns., 30 :334-340, 2004.
34. Kumar V., Abbas A., Fausto N.: Pathologic Basis of Diseases. Elsevier Saunders, Philadelphia, 2005.
35. Lee ES., Kim JH., Im S., Lee KB., Sohn S., Kang WH.: Application of computerized image analysis in pigmentary skin diseases. Eun so lee Int J Dermatol., 40 :45-49, 2001.
36. Lee RC., Kolodney MS.: Electrical injury mechanisms: electrical breakdown of cell membranes. Plast Reconstr Surg., 80 :672-679, 1987.

37. Lee RC., Astumian RD.: The physicochemical basis for thermal and non-thermal 'burn' injuries. *Burns.*, 22 :509-519, 1996.
38. Lee RC.: Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg.*, 34: 677-764, 1997.
39. Lever WF, Lever GS.: *Histopathology of the Skin.* 7th. ed. s. 245, JB Lippincott Company, Philadelphia, 1990.
40. McLean AJ.: Characteristics of adequate electrosurgery current. *Amer. J. Surg.*, 18 :417-441, 1932.
41. Montgomery H.: *Dermatopathology.* Harper and Row, New York, 1967.
42. Moragas A., Castells C., Sans M.: Mathematical morphologic analysis of aging-related epidermal changes. *Anal Quant Cytol Histol.*, 15 :75-82, 1993.
43. 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.*, 52 :11-23, 1972.
44. Oehmichen M., Cropelin A.: Temporal course of intravital and postmortem proliferation of epidermal cells after mechanical injury. An immunohistochemical study using bromodeoxyuridine in rats. *Int J Legal Med.*, 107 :257-262, 1995.
45. Özcan A., Celasun B., Yenen MC., Dede M., Dilek S.: Yüzey Epiteli Kaynaklı Over Kanserlerinde Nicel Patolojik Prognostik Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Patoloji Bülteni.*, 16: 11-14 , 1999.
46. Peng Z., Shikui C.: Study on electrocution death by low-voltage. *For Sci Int.*, 76 :115-119, 1995.
47. Polat O., İnanıcı MA., Aksoy ME.: Elektrik Akımının Meydana getirdiği Yaralanmalar. *Adli Tıp Ders Kitabı*, S. 144-167, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1997.
48. Ravindra F., Liyanage S.: Suicide by electrocution. *Med Sci Law.*, 30 :219-220, 1990.
49. Robson MC., Murphy RC., Heggers JP.: A new explanation for the progressive tissue loss in electrical injuries. *Plast Reconstr Surg.*, 73 :431-437, 1984.

50. Rozsa G., Somogyi E., Nevelos A., Varga T.: Nuclear changes in response to electric shock. *Acta Med Leg Soc (Liege)*, 20 :199-202, 1967.
51. Sanders JE., Goldstein BS., Leotta DF., Richards KA.: Image processing techniques for quantitative analysis of skin structures. *Comput Methods Programs Biomed.*, 59 :167-180, 1999.
52. Saukko P, Knight B.: *Knight's Forensic Pathology*. 3th ed. s. 319-331, Edward Arnold, London, 2004.
53. Shkrum M.J., Ramsay D.A.: *Forensic Pathology of Trauma*. s. 181-243, Humana Pres, New Jersey, 2007. 181-243,
54. Silver MD.: *Cardiovascular Pathology*, 2<sup>nd</sup> ed. Churchill Livingstone, New York, 1996.
55. Soysal Z., Çakalır C.: *Adli Tıp*. 1.Cilt, S. 475-525, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1999.
56. Soysal Z., Çakalır C.: *Adli Tıp*. 2. Cilt, S. 607-767, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1999.
57. Şirin G.: Postmortem elektrik lezyonlarının histopatolojik incelenmesi. *Adli Tıp Kurumu, Uzmanlık Tezi*, İstanbul, 2004 (Danışman: Prof. Dr. E. Aksoy).
58. 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.*, 115 :152-157, 2001.
59. Thomsen HK., Danielsen L., Nielsen O., Aalund O., Nielsen KG., Karlsmark T., Genefke IK.: Epidermal changes in heat and electrically injured pig skin. I. An light microscopic study. *Forensic Sci Int.*, 17 :133-143, 1981.
60. Thomsen HK., Danielsen L., Nielsen O., Aalund O., Nielsen KG., Karlsmark T., Genefke IK.: Early epidermal changes in heat and electrically injured pig skin. II. An electron microscopic study. *Forensic Sci Int.*, 17 :145-152, 1981.
61. Thomsen HK., Danielsen L., Nielsen O., Aalund O., Nielsen KG., Karlsmark T., Genefke IK.: Epidermal changes in heat and electrically injured pig skin: a light

microscopic study of the sequences in morphology. *Acta Pathol Microbiol Immunol Scand [A]*, 90 :327-332, 1982.

62. Thomsen HK., Danielsen L., Nielsen O., Aalund O., Nielsen KG., Karlsmark T., Genevke 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 [A]*, 91 :297-306, 1983.
63. Tıraşçı Y., Gören S., Subaşı M., Gürkan F.: Electrocution-related mortality: a review of 123 deaths in Diyarbakir, Turkey between 1996 and 2002. *Tohoku J Exp Med.*; 208 :141-145, 2006.
64. Torre C., Varetto L.: Dermal surface in electric and thermal injuries. Observations by scanning electron microscopy. *Am J Forensic Med Pathol.*, 77 :151-158, 1986.
65. Tüzün Y., Kotoğyan A., Aydemir E.H., Baransü O. *Dermatoloji*. S 20, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1994.
66. Uitto J., Paul JL., Brockley K., Pearce RH., Clark JG.: Elastic fibers in human skin: quantitation of elastic fibers by computerized digital image analyses and determination of elastin by radioimmunoassay of desmosine. *Lab Invest.*, 49 :499-505, 1983.
67. Wolberg W.H., Street W.N., Mangasaria O.L.: Importance of Nuclear Morphology in Breast Cancer Prognosis. *Clinical Cancer Research.*, 5 :3542-3548, 1999.
68. Wright RK., Ganther GE.: Electrical injuries and lightning. Ed: Froede R., *Handbook of Forensic Pathology*. s: 150-157, College of American Pathologist U.S.A, 1990.
69. Xu X., Xu H., Zhu J., Deng P.: A preliminary study of skin electrical injury with computerized image analysis. *Forensic Sci Int.*, 73 :197-202, 1995.
70. Zelt RG., Daniel K., Ballard PA., Brissette Y., Heroux P.: High-Voltage electrical injury: Chronic wound evolution. *Plast Reconstr Surg.*, 83 :1027-1039, 1988.



## 8.ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Malatya'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Bandırma Şehit Mehmet Gönenç Lisesi'nde, üniversite eğitimimi 1983-1990 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde tamamladım. Sinop ve Gönen Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Merkez'lerinde 3 yıl süreyle görev yaptım. 1994-1998 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı'nda ihtisas yaparak patoloji uzmanı oldum. 1998 yılında Adli Tıp Kurumu'nda patoloji uzmanı olarak göreve başladım ve halen bu kurumda çalışmaktayım.



Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Adli Tıp Anabilim Dalı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 20 / 08 / 2007.

Tez Danışmanı : Prof.Dr. M.Akif İNANICI  
Üniversitesi : Marmara

İMZA

Üye : Prof.Dr. <sup>Sevki Şişen</sup> M.Öğuz POLAT  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Prof.Dr. Çiğdem ATAİZİ  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Prof.Dr.M.Ercüment AKSOY  
Üniversitesi : Marmara

Üye : Doç.Dr. Nadir ARICAN  
Üniversitesi : İst.Üniv.

ONAY

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 22 / 11 / 2007 tarih ve 05 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Sevim ROLLAS  
Müdür