



Elektrik çarpmalarında voltaj farkının komplikasyonlar ve miyopati üzerine etkisi

The effects on complications and myopathy of different voltages in electrical injuries

Sevdegül KARADAŞ,¹ Hayriye GÖNÜLLÜ,¹ Mehmet Reşit ÖNCÜ,²
Dağhan IŞIK,³ Yasin CANBAZ³

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, elektrik çarpmalarının demografik ve klinik özelliklerinin, laboratuvar bulgularının, komplikasyonların ve yaralanmalara bağlı mortalite, morbidite oranlarının araştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Ocak 2006-Ocak 2010 tarihleri arasında elektrik çarpması nedeniyle acil servise başvuran olgular geriye dönük olarak incelendi. Olgular yaş, cinsiyet, elektrik kaynağının gücü (düşük-yüksek voltaj), mevsimsel dağılım, EKG değişiklikleri, laboratuvar sonuçları, takip edildiği klinikler, komplikasyon ve ölüm oranları bakımından değerlendirildi.

BULGULAR

Olguların 84'ü (%57,1) düşük voltaj elektriğe (I. Grup), 63'ü (%42,9) yüksek voltaj elektriğe (II. Grup) maruz kalmıştı. Yaralanan olguların çoğunluğunu 26-45 yaş arası grup oluşturmaktaydı. Kadınların %85,7'sinin düşük voltaj, erkeklerin %51,8'inin yüksek voltaj elektriklerle yaralandığı saptandı. Alanin aminotransferaz, aspartat aminotransferaz, laktat dehidrogenaz, kreatin kinaz ve kreatin kinaz-miyokardiyal band Grup II'de yüksek, kalsiyum düzeyi ise Grup II'de düşüktü ($p<0,005$). Komplikasyonlar (yüksekten düşmeye bağlı patolojiler, kardiyak disritmiler, kompartman sendromu) ve ölüm sıklığı grup II'de fazlaydı ($p<0,005$).

SONUÇ

Yüksek voltajlı elektrik çarpmasında kas harabiyetinin derecesiyle birlikte, kardiyak ve yüksekten düşmeye bağlı komplikasyonların ve ölüm oranının daha fazla olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Elektrik çarpması; komplikasyonlar; yüksek-düşük voltaj.

BACKGROUND

The purpose of this study was to investigate the demographic and clinical characteristics of electrical injuries, laboratory findings, complications, and mortality and morbidity rates of these injuries.

METHODS

Patients with electrical injuries admitted to the emergency department between January 2006-2010 were retrospectively analyzed. The cases were evaluated by age, gender, source of electrical power (low-high voltage), seasonal distribution, ECG changes, laboratory findings, clinical care units, complications, and mortality rate.

RESULTS

Eighty-four (57.1%) of the cases were exposed to low-voltage electricity (Group I), while 63 (42.9%) of the cases were exposed to high-voltage electricity (Group II). The majority of cases with electrical injuries were aged 26-45 years. Thirty of the women (85.7%) were wounded by low-voltage while 58 of the men (51.8%) were wounded by high-voltage electricity. Alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, lactate dehydrogenase, creatine kinase, and CK-MB levels were higher and the level of calcium was lower in Group II. Complications (pathologies due to fall from high levels, cardiac dysrhythmias, compartment syndrome) and the mortality rate were higher in Group II.

CONCLUSION

In cases with high-voltage electrical injuries, cardiac complications, complications due to fall from high levels and the mortality rate increase in conjunction with the degree of the muscle damage.

Key Words: Electrical injury; complications; high-low voltage.

Elektrik yaşamımız için gerekli olmakla birlikte, elektrik çarpması (EÇ) yüksek morbidite ve mortalite ile seyreden, tüm yaş gruplarının risk altında olduğu bir travma türüdür. Elektrik akımının canlı dokular üzerinden geçmesiyle, birçok sistemin etkilendiği klinik tablo ortaya çıkar. Oluşan hasar termal etkiye veya elektriğin doğrudan etkisine bağlı gelişir. Yaralanmanın şiddeti, elektrik akımının şiddetine, vücut direncine, vücuttan geçiş yoluna ve akım kaynağı ile temas süresine göre değişmektedir.^[1] Elektrik yaralanmaları yüksek voltajlı (>1000 V), düşük voltajlı (<1000 V), yıldırım çarpması ve ark yanıkları olarak sınıflandırılmaktadır.^[2,3] Elektrik yaralanmalarına bağlı olarak acil servislere başvuran olguların prognozu ağır seyredebilmekte, yara debridmanı, fasyotomi ve amputasyon ameliyatları gerekebilmektedir.^[2,4] Yüksek voltaj yaralanmalarında, yaygın arklar, alev ve flaş yanıkları, miyokard nekrozu, hepatik, pankreatik nekroz, gastrointestinal sistem kanamaları, ciddi genital yaralanmalar, merkezi sinir sistemi hasarı ve sekonder multipl organ yetersizlikleri prognozu belirlemektedir.^[2]

Elektrik ve onunla ilişkili komplikasyonların yanı sıra elektrik yaralanmalarına eşlik eden yüksekten düşme ve buna bağlı ek yaralanmalar hastaların mortalite ve morbiditesine etki eder.^[5]

Bu çalışmada, elektrik yaralanması ile başvuran hastaların demografik ve klinik özellikleri geriye dönük olarak değerlendirildi. Düşük ve yüksek voltaj elektrik yaralanmalı olgular karşılaştırılarak, gelişen komplikasyonlara ve eşlik eden yüksekten düşmelerin sonuçlarına dikkat çekilmesi amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Ocak 2006-Ocak 2010 tarihleri arasında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisine (AS) EÇ nedeniyle başvuran olgular, acil servis kayıt defteri ve bilgisayar kayıtları kullanılarak geriye dönük olarak tarandı. Olay yerinden alınarak acil servise getirilen veya çevre hastanelerden sevk edilen 147 hasta çalışmaya dahil edildi. Yaş, cinsiyet, başvurdıkları ay, maruz kaldıkları elektrik akım türü, gelişen komplikasyonlar, eşlik eden yüksekten düşme ve düşmeye bağlı ek patolojiler, mortalite ve morbidite durumlarına ilişkin bilgiler, elektrokardiyografi (EKG) bulguları, serum alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST) laktat dehidrogenaz (LDH), kan kreatin kinaz (CK), kreatin kinaz-miyokardiyal band (CK-MB) ve kalsiyum (Ca²⁺) değerleri, önceden hazırlanan olgu formlarına kaydedildi. Tüm hastalar endikasyonuna göre sıvı tedavisi, monitörizasyon, yanık bakımı, analjezi, tetanoz profilaksisi, fasyotomi ve travma desteği gibi standart tedaviler aldılar. Ayrıca elektrik yaralanmasına bağlı meydana gelen EKG değişiklikleri değerlendirildi ve gelişen aritmiler ileri kardiyak yaşam desteği rehberine uygun olarak tedavi

edildi. Olgular düşük voltaj <1000V (Grup I) ve yüksek voltaj >1000 V (Grup II) olarak iki gruba ayrıldı.

Sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler olarak ifade edilirken, kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak ifade edildi. Gruplar ile kategorik değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede ki-kare testi, sürekli değişkenlerin grup ortalamalarını karşılaştırmada Student-t testi kullanıldı. Hesaplamalarda "SPSS for Windows" istatistik paket programı kullanılarak, istatistik anlamlılık düzeyi %5 olarak alındı.

BULGULAR

Ocak 2006- Ocak 2010 tarihleri arasında acil servise toplam 142,456 hasta başvurdu. Başvuran olguların 147'si (%0,1) EÇ olup 112'si (%76,1) erkek ve 35'i (%23,9) kadın idi. Olguların 84'ü (%57,1) düşük voltaj (I. Grup), 63'ü (%42,9) yüksek voltaj elektriğe (II. Grup) maruz kalmıştı.

Yaşlarına göre sınıflandırdığımızda 0-12 arası 41 (%27,9), 13-25 arası 42 (%28,6), 26-45 arası 55 (%37,4), 46 ve üstü 9 (%6,1) olgu vardı (Tablo 1). Hastaların yaş ortalaması 23,17±14,39 (dağılım 2-66 yıl) olup, çoğunluğunu 26-45 yaş arası grup oluşturmaktadır. Toplam 8 (%5,4) hasta gebe idi.

Kadınların %85,7'sinin düşük voltaj elektrikle (ev kazaları), erkeklerin %51,8'inin yüksek voltaj elektrikle yaralandığı saptandı. Cinsiyetlere göre gruplar karşılaştırıldığında ortaya çıkan fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,000).

Olguları mevsimlere göre incelediğimizde en sık başvuru %39,5 ile yaz aylarında (n=58) görülürken, bunu sırasıyla sonbahar (n=40), ilkbahar (n=29) ve kış (n=20) ayları izlemekteydi (Tablo 2).

Grup I'de ortalama biyokimyasal parametreler; ALT 20,58±9,39 U/L, AST 31,29±30,9 U/L, LDH

Tablo 1. Yaş gruplarına göre dağılım

Yaş	Sayı	Yüzde
0-12	41	27,9
13-25	42	28,6
26-45	55	37,4
≥46	9	6,1

Tablo 2. Mevsimlere göre dağılım

Mevsim	I. Grup		II. Grup	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
İlkbahar	21	14,3	8	5,4
Yaz	36	24,5	22	15
Sonbahar	22	15	18	12,2
Kış	5	3,4	15	10,2
Toplam	84	57,2	63	42,8

Tablo 3. Olguların laboratuvar sonuçlarının karşılaştırılması

	I. Grup Ortalama	II. Grup Ortalama	p
ALT (0-41)	20,58	177,89	0,001
AST (0-38)	31,29	417,54	0,001
LDH (240-480)	418,58	1543,44	0,001
CK (0-270)	408,14	5254,24	0,001
CK-MB (0-24)	37,05	781,35	0,010
Ca ⁺² (8,4-10,3)	9,05	8,35	0,001

Tablo 4. Elektrik giriş-çıkış yerlerine göre dağılım

	Sayı	Yüzde
Giriş	69	47,3
Giriş-çıkış yeri var	51	34,9
Giriş-çıkış yeri yok	27	17,8
Toplam	147	100,0

418,58±101,72 U/L, CK 408,14±1199,82 U/L, CK-MB 37,05±24,59 U/L, Ca⁺² düzeyi ise 9,04±0,58 mg/dl olarak bulunmuştur. Grup II'de ortalama biyokimyasal parametreler; ALT 177,89±279,65 U/L, AST 417,54±417,54 U/L, LDH 1543,44±1943,31 U/L, CK 5254,24 6384,94 U/L, CK-MB 781,35±2603,79 U/L, Ca⁺² 8,35±0,89 mg/dl olarak bulunmuştur (Tablo 3). İki grup karşılaştırıldığında ALT, AST, CK, CK-MB, LDH ve Ca⁺² değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi (p=0,001, p=0,001, p=0,001, p=0,010, p=0,001, p=0,001).

Olguların %47,3'ünde sadece giriş yeri, %34,9'unda giriş ve çıkış yeri saptanırken, %17,8'inde giriş ve çıkış yeri gözlenmedi (Tablo 4). Giriş-çıkış yeri saptanan olguların %70,6'sı II. Grupta iken, giriş-çıkış yeri saptanmayan olguların %84,6'sı I. Grupta idi.

Yanık derecelerine göre olgular incelendiğinde 70'inde (%47,6) ciltte yanık izine rastlanmazken, 30'unda (%20,4) 1°, 5'inde (%3,4) 1°-2°, 29'unda (%19,7) 2°, 2'sinde (%1,4) 2°-3°, 11'inde (%7,5) 3° yanık saptandı. Yanık izine rastlanmayan olguların %77,1'inin I. Grupta olduğu gözlemlendi.

Yanık yüzdelerine göre incelendiğinde %5'in altında yanığı olan olguların %65,2'si I. Grupta idi. Yanık oranı %20'nin üzerinde olanların ise %92,3'ü II. Grupta yer almaktaydı. Yanık yüzdelerine ve derecelerine göre iki grup karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi (p<0,005).

Çalışmamızda yüksek voltaj elektriğe maruz kalan hastaların 27'si (%42,8) elektrik çarptıktan sonra yüksekten düşmüştü. Bu olguların 6'sı (%22,2) 12 yaş altında olup, 1 (%3,7) olguda özkıyım amaçlı olarak elektrik direğine çıkmıştı.

Komplikasyonlara göre olgular incelendiğinde;

Tablo 5. EÇ ile birlikte yüksekten düşmeye, yanığa ve kardiyak disritmilere bağlı gelişen komplikasyon ve ölüm oranları

Komplikasyon	I. Grup (n=84)	II. Grup (n=63)	Mortalite (n=3)
Oksipitalde lineer kırık	1	–	
İSK ve C4 vertebra kırığı	–	1	
Konküzyo serebri	2	–	
L1 vertebra kırığı	–	1	
T4 vertebra ve humerus kırığı	–	1	
Pnömotoraks	–	2	
Hemotoraks, KC laserasyonu	–	1	1
Radius kırığı	–	1	
Ramus ve sakrum kırığı	–	1	
VF	–	2	1
Asistoli	–	1	1
Kompartman sendromu	1	11	
Amputasyon	1	1	

p<0,005.

yüksekten düşmeye bağlı olarak 1'inde C4 vertebra da kırık ve intraserebral kanama (İSK), 1'inde L1 vertebra da burst kırığı, 1'inde sağ humerus proksimal kemikte kapalı kırık ve T3 vertebra da kompresyon kırığı, 1'inde pelviste pubik kolda ve sakrumda kırık, 1 olguda da radial kemikte kırık saptandı. Ayrıca 1 hastada hemotoraks ve karaciğerde laserasyon, 2 hastada pnömotoraks saptandı. Düşük voltaj elektriğe maruz kalan ve kafa travması gelişen olguların ikisinde konküzyo serebri, 1'inde oksipital kemikte lineer kırık saptandı. İkinci gruptaki olguların 11'inde (%17,4), I. Gruptaki olguların ise 1'inde (%1,2) kompartman sendromu gelişti. Kompartman sendromu gelişen tüm olgulara fasyotomi uygulanmasına rağmen 2'si ekstremitte amputasyonu ile sonuçlandı. Yüksek voltaj EÇ ile birlikte yaşamı tehdit eden kardiyak ritm bozukluklarından 2 olguda ventriküler fibrilasyona (VF), 1 olguda asistoliye rastlandı. Çalışmamızda ölümle sonuçlanan olguların 3'ünde (2,04) II. Grupta idi (Tablo 5). Gelişen komplikasyonlar açısından iki grup karşılaştırıldığında ortaya çıkan fark istatistiksel olarak anlamlı idi (p<0,005).

Olguların EKG'leri incelendiğinde 104'ünde (%70,7) sinüs ritmi (SR), 16'sında (%10,9) sinüs taşikardisi, 9'unda (%6,1) ST-T değişikliği, 9'unda (%6,1) ventriküler ekstra vuru (VEV), 5'inde (%3,4) sağ dal bloğu, 2'sinde (%1,4) sinüs bradikardisi ve 2 (%1,4) olguda da VF saptandı (Tablo 6). Elektrokardi-yografisinde patoloji saptanmayan olguların %68,3'ü I. Grupta iken, VF gelişenlerin tümü II. Gruptaydı.

Takip edildikleri klinik ve sevk yerlerine göre incelendiğinde 99 (%67,3) olgunun takip ve tedavisi AS'de tamamlanırken, 15 (%10,2) olgu AS'den yanık ünitesi olan merkeze sevk edildi.

Tablo 6. EKG değişiklikleri

EKG	I. Grup	II. Grup
SR	71	33
Sinüs taşikardisi	7	9
Sinüs bradikardisi	1	1
VF	–	2
ST-T değişikliği	–	9
Sağ dal bloğu	4	1
VEV	1	8

TARTIŞMA

Yanık ve elektrik yaralanmaları tüm travmaların yaklaşık %3,7'sini oluşturmaktadır.^[6] Ülkemizde yapılan ve 7500 hastanın değerlendirildiği bir çalışmada elektrik yaralanmalarının sıklığı dünya ortalamasından yüksek bulunmuştur.^[7] Elektrik yaralanmaları özellikle erkeklerde sık görülmektedir. Bu oran Rai ve arkadaşlarının^[2] yaptığı çalışmada, erkeklerde %81, kadınlarda %19 olarak rapor edilmiştir. Ülkemizde yapılan bir çalışmada da EÇ'li olguların %76,4'ünün erkek, %23,6'sının kadın olduğu saptanmıştır.^[8] Bizim çalışmamızda olguların %76,1'i erkek, %23,9'u kadın olup literatürle uyumlu idi.

Yine Rai ve arkadaşları^[2] çalışmalarında, EÇ olgularının %37'sinin düşük voltaja %63'ünün yüksek voltaja maruz kaldıklarını bulmuşlardır. Benzer olarak olgularımızın %45,5'inin düşük voltaj ile, %54,5'inin yüksek voltaj elektrik ile yaralandığını saptadık.

Literatürde ortalama yaş bir çalışmada 30,2/yıl, başka bir çalışmada ise 25/yıl olarak bildirilmiştir.^[9,10] Bizim verilerimize göre de yaralanmalar tüm travma hastalarında olduğu gibi genç yaş grubunda olup yaş ortalaması 23,17 yıl idi.

Mevsimsel dağılıma göre değerlendirdiğimizde çalışmamızda EÇ olgularının %39,5 ile en sık yaz, %27,2 ile sonbahar aylarında görüldüğünü saptadık. Ülkemizde yapılan çalışmalarda da EÇ olgularının %38,2 ile en sık yaz, %30,9 ile sonbahar aylarında görüldüğü, bir başka çalışmada da %53,9 ile yaz aylarında görüldüğü bildirilmiştir.^[11,12] Sunulan çalışmada literatürle uyumlu oldu.

Elektrik akımı derin dokularda hasar oluşturmakta CK, CK-MB ve LDH gibi laboratuvar parametreleri yükselmekte ve bu parametreler doku hasarının takibinde kullanılmaktadır.^[13] Çizgili kaslardaki sinirlerin elektriksel olarak veya kasların direkt uyarılması ile kaslarda yırtılma, ödem, rabdomiyoliz ve miyonekroz oluşmakta kaslarda kompartman sendromu gelişebilmektedir. Kopp ve arkadaşları,^[14] çalışmalarında primer patolojinin membran permeabilitesinde artış ve membran rüptürü olduğunu, bunun da hücrel enzimlerin kaybindan kaynaklandığını ve başlangıç serum CK düzeylerinin kas harabiyetinin derecesi ile ilişkisi olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada, kas hasarının de-

recesi ve voltaj düzeyinin etkilerine göre grupları karşılaştırdık. Yüksek voltaja maruz kalanlarda CK, CK-MB, AST, ALT ve LDH düzeyleri, düşük voltaja maruz kalanlara göre daha yüksek bulundu. Her iki grupta Ca⁺² düzeyleri normal aralıkta saptanırken, II. Grupta, I. Gruba göre daha düşük düzeydeydi.

Yüksek voltaj daha büyük akımdan dolayı ciddi doku hasarına neden olmaktadır.^[15-17] Kopp ve arkadaşları^[9] yaptıkları çalışmada, artmış olan CK düzeyleri ile ekstremitte amputasyonu ve mortalite arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Sunulan çalışmada kompartman sendromu gelişen ve cerrahi girişim yapılan olguların biri dışında diğerleri literatürle uyumlu oldu.

Cancio ve arkadaşları^[18] çalışmalarında, olguların %25'inde yüksekten düşmeye bağlı patolojiler ve bu patolojilerin hastaların tedavisini güçleştirdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda olguların %18,3'ünde yüksekten düşmeye bağlı ek patolojiler saptandı.

Hammond ve arkadaşları^[19] yaptıkları çalışmada yüksek voltajlı EÇ'nin %3'ünün ölümle sonuçlandığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda yüksek voltajlı EÇ'ye maruz kalan olguların %4,7'si ölümle sonuçlanmıştır.

Literatürde EÇ olgularının sıklıkla kaza ile meydana geldiği belirtilmektedir.^[11,20] Nadiren de olsa özkıyım amacıyla EÇ'ye maruz kalan olgular literatürde bildirilmiştir.^[20-22] Bu çalışmada da olguların büyük çoğunluğu kaza ile olup, 1 olgu özkıyım amacıyla elektrik direğine çıkmış ve EÇ sonucu yüksekten düşmüştü.

Elektrik çarpmalarında önemli bir ölüm nedeninin miyokard, nodlar, elektriksel ileti yolları ve koroner arterlerin nekrozuna ikincil gelişen kardiyak aritmi ve disritmiler olduğu belirtilmektedir. Voltaj ne kadar çoksa miyokard hasarının o derece fazla olduğu ifade edilmektedir.^[23] Asistoli ve VF EÇ'ye bağlı gelişen ölümcül kardiyak problemler olup bunlardan başka sinüs taşikardisi, nonspesifik ST-T değişiklikleri, kalp blokları, QT uzaması, supraventriküler-ventriküler aritmiler ve atriyal fibrilasyon gibi EKG değişiklikleri görülebilmektedir.^[23,24] Arrowsmith ve arkadaşları^[25] çalışmalarında, olguların %3'ünde EKG anormalliği olduğunu ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise olguların %29,3'ünde EKG anormalliği tespit edildi. Literatürde EKG değişikliklerinin daha düşük akımlarda ortaya çıktığı belirtilmektedir.^[26] Sunulan çalışmada literatürden farklı olarak düşük voltaj EÇ'nin %8,9'unda, EKG değişiklikleri saptandı. Rai ve arkadaşları^[2] çalışmalarında, 58 yüksek voltaj elektrik yaralanmalı hastanın 7'sinde kardiyojenik şok veya aritmeye sekonder kardiyak arrest geliştiğini rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise yüksek akıma maruz kalan 2 olguda ölümcül disritmilerden VF, 1 olguda asistoli gelişti.

Sonuç olarak, yüksek voltajlı elektrik çarpmalarında kas harabiyetinin derecesiyle birlikte, kardiyak ve yüksekten düşmeye bağlı komplikasyonların daha fazla ve ciddi olduğu görülmektedir. Elektrik çarpmalarında kas harabiyetinin derecesininin erken dönemde belirlenmesinde çeşitli biyokimyasal belirteçlerin kullanılması için ileri çalışmalara gerek duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Smith MA, Muehlberger T, Dellon AL. Peripheral nerve compression associated with low-voltage electrical injury without associated significant cutaneous burn. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:137-44.
2. Rai J, Jeschke MG, Barrow RE, Herndon DN. Electrical injuries: a 30-year review. *J Trauma* 1999;46:933-6.
3. Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K, Helm PA, Burris A, Hunt JL. Electrical injuries: a 20-year review. *J Burn Care Rehabil* 2004;25:479-84.
4. Ferreiro I, Meléndez J, Regalado J, Béjar FJ, Gabilondo FJ. Factors influencing the sequelae of high tension electrical injuries. *Burns* 1998;24:649-53.
5. Türedi S, Gündüz A, Tatlı Ö, Daşdibi B, Kalkan A, Hoş G. KTÜ Farabi Hastanesi Acil Servisine elektrik yaralanmaları ile başvuran hastaların değerlendirilmesi. *Akademik Acil Tıp Dergisi* 2007;6:25-9.
6. Fordyce TA, Kelsh M, Lu ET, Sahl JD, Yager JW. Thermal burn and electrical injuries among electric utility workers, 1995-2004. *Burns* 2007;33:209-20.
7. Nursal TZ, Yildirim S, Tarım A, Caliskan K, Ezer A, Noyan T. Burns in southern Turkey: electrical burns remain a major problem. *J Burn Care Rehabil* 2003;24:309-14.
8. Al B, Aldemir M, Güloğlu C, Kara IH, Girgin S. Epidemiological characteristics of electrical injuries of patients applied to the emergency department. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2006;12:135-42.
9. Kopp J, Loos B, Spilker G, Horch RE. Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns. *Burns* 2004;30:680-3.
10. Blackwell N, Hayllar J. A three year prospective audit of 212 presentations to the emergency department after electrical injury with a management protocol. *Postgrad Med J* 2002;78:283-5.
11. Tirasci Y, Goren S, Subasi M, Gurkan F. Electrocution-related mortality: a review of 123 deaths in Diyarbakir, Turkey between 1996 and 2002. *Tohoku J Exp Med* 2006;208:141-5.
12. Türkmen N, Eren B, Fedakar R, Durak D. Deaths from electrical current injuries in Bursa city of Turkey. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2008;14:65-9.
13. Kang X, Sun B, Sun S, Hou W, Xie F, Rong M, et al. Determination enzyme protein of CK-MB m-AST and ChE by immunological methods and survey of its applying values. *Rinsho Byori* 1998;46:713-7. [Abstract]
14. Kopp J, Loos B, Spilker G, Horch RE. Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns. *Burns* 2004;30:680-3.
15. ten Duis HJ. Acute electrical burns. *Semin Neurol* 1995;15:381-6.
16. Martinez JA, Nguyen T. Electrical injuries. *South Med J* 2000;93:1165-8.
17. Cooper MA. Emergent care of lightning and electrical injuries. *Semin Neurol* 1995;15:268-78.
18. Cancio LC, Jimenez-Reyna JF, Barillo DJ, Walker SC, McManus AT, Vaughan GM. One hundred ninety-five cases of high-voltage electric injury. *J Burn Care Rehabil* 2005;26:331-40.
19. Hammond JS, Ward CG. High-voltage electrical injuries: management and outcome of 60 cases. *South Med J* 1988;81:1351-2.
20. Ince CH, Fincancı ŞK, Arıcan M, Akkay E. Elektrikle intihar: bir olgu bildirisi. 1. Adli Bilimler Kongresi (12-15 Nisan) Kongre Kitabı. Adana, 1994. p. 342-3.
21. Fedakar R, Türkmen N, Eren B, Akan O, Saka E. Elektrik akımı ile intihar: Olgu sunumu. *Adli Tıp Bülteni* 2004;9:87-90.
22. Byard RW, Hanson KA, Gilbert JD, James RA, Nadeau J, Blackbourne B, et al. Death due to electrocution in childhood and early adolescence. *J Paediatr Child Health* 2003;39:46-8.
23. Carleton SC. Cardiac problems associated with electrical injury. *Cardiol Clin* 1995;13:263-6.
24. Varol E, Ozaydin M, Altınbaş A, Dogan A. Low-tension electrical injury as a cause of atrial fibrillation: a case report. *Tex Heart Inst J* 2004;31:186-7.
25. Arrowsmith J, Usgaocar RP, Dickson WA. Electrical injury and the frequency of cardiac complications. *Burns* 1997;23:576-8.
26. Koumbourlis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med* 2002;30(11 Suppl):S424-30.