

응급실에 내원한 소아 전기 화상 환자의 임상적 양상과 예방을 위한 노출 요인 분석

가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실

박상준, 김성욱, 정원중, 오상훈, 박정택

- Abstract -

Analysis of Exposure Factors for Clinical and Preventive Aspects of Pediatric Electrical Burn Patients who Visited the Emergency Department

Sang Jun Park, M.D., Sung Wook Kim, M.D., Won Jung Jeong, M.D.,
Sang Hoon Oh, M.D., Jeong Taek Park, M.D.

Department of Emergency Medicine, College of Medicine, The Catholic University of Korea

Purpose: The aims of this study were to discuss treatment and prevention under the age of 18 to identify the characteristics of the electrical burn patients.

Methods: We retrospectively reviewed medical records of 97 patients with under age 18 of electric burn who were treated in emergency department of quarterly over 10,000 targets within the desired hospital for evaluation of electrical injuries between January 1, 2009 and December, 2013. We investigated age, gender, injury mechanism, season, degree of burn, surface of burn, complication, blood test, and voltage, kind of current.

Results: Of the patients, 50 (50.5%) patients were in the first degree burn and 47 (49.5%) patients were in second degree burn. 68 (70.1%) patients had electric burn at home. 75 (85.2%) of 88 patients had normal sinus rhythm and other 13 people showed a RBBB, VPC, sinus bradycardia, sinus tachycardia. 41 (42.3) of 97 patients were in infants and 26 (26.8%) patients were in adolescence.

Conclusion: The results of this study emphasize the need for prevention of electricity at home for childhood and education of the adolescence. [J Trauma Inj 2015; 28: 170-176]

Key Words: Burns, Electric, Age groups

* Address for Correspondence : **Sung Wook Kim, M.D.**

Department of Emergency Medicine, The Catholic University of Korea, Bucheon St.Mary's Hospital,
327 Sosa-ro, Wonmi-gu, Buchun-si, Gyeonggi-do, Korea

Tel : 82-32-340-2100, Fax : 82-32-340-7321, E-mail : mdkaptain@catholic.ac.kr

Submitted : August 26, 2015 **Revised** : October 4, 2015 **Accepted** : October 4, 2015

I. 서 론

전기적 화상은 전체 화상 환자의 약 3~5%로 발생 빈도는 적지만 직접 닿는 피부뿐만 아니라 내부 장기에 손상을 줄 수 있어 심각한 후유증을 남길 수 있다. 특히 소아의 경우 피부가 부드럽고 수분이 많기 때문에 저항이 적고 접촉 부위가 적어 내부적 손상을 예측하기 어렵고 특히 유아일 경우 그 손상 정도를 응급실 방문 당시 즉각적으로 파악할 수 없어 적절한 대응이나 치료 및 예측이 어려움이 있다.(1-2) 또한, 소아 전기 화상이 화염이나 뜨거운 물 또는 물체에 닿아서 생기는 화상에 비해서 발생빈도 수는 적지만 고압에 노출될 경우 짧은 시간에도 치명적인 손상을 입을 수 있고 저압에 노출 되는 경우에도 노출 시간에 따라 외형적 기능 손상뿐만 아니라 드물지만 말초 신경에도 이상이 있을 수 있다.(1-3) 소아의 전기 사고 및 화상의 발생 빈도가 성인 보다는 적게 발생하고 후유증이 적다고는 하나 이런 소아전기화상의 위험성에 대해 이전 국내에서 일반 전기 화상에 대한 연구는 몇 차례 시행 되었으나 소아 전기 화상의 특성에 대한 분석연구는 없었다.(4-5) 이에 저자들은 4개 종합병원 응급의료센터를 방문한 18세 이하 소아 화상 환자 중 전기 화상 환자를 대상으로 특성을 파악하고 분석하여 향후 치료와 예방 가능한 방법을 찾는 데 도움을 주고자 한다.

II. 대상 및 방법

본 연구는 2009년에서 2013년 까지 전자의무기록(electronic medical record)를 공유하여 사용하고 있는 4개 종합병원 응급의료센터에 화상으로 내원한 18세 이하 환자 중 전기 화상으로 진단받은 환자들을 대상으로 의무기록을 후향적으로 검토하여 진행하였다.

1. 대상환자

2009년부터 2013년까지 방문한 0세~18세까지의 화상 환자는 2675명이었으며 그 중 97명의 환자가 전기적 화상으로 조사에 포함되었다. 나이는 2개월부터 만 18세까지의 범위였고 그 중 114명이 전기적 화상 또는 손상 환자였다. 의무기록 내용상 원인이 불명확하고 기록이 불충분한 16명을 제외한 97명의 환자를 대상으로 조사하였다.

2. 자료 수집

각 환자에서 성별, 나이 등 자료와 더불어 화상부위, 사고 발생 손상기전, 물질 여부와 손상에 따른 화상의 정도, 화상의 면적은 rule of nines를 바탕으로 Total body surface area (TBSA)로 표시 하였다. 내원 당시 심전도 시행 여부

와 결과를 조사 하였고 혈액 검사를 시행한 경우 혈액 검사와 CPK, LDH, CK-MB, Troponin I에 대해서도 조사하였다. 치료 방법과 심도, 후유증 등을 확인하기 위해 외래 방문 여부, 입원 여부, 수술 여부, 드레싱 제거, 후유증 등을 조사 하였다. 특히 연령대에 따른 장소와 계절 변화의 관련성을 확인하기 위해 소아의 발달 단계 별로 유아기(infants 0~2세), 학령전기(preschool age 3~5세), 학령기(school age 6~12세), 청소년기(adolescence 13~18세)로 나누고 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9월~11월), 겨울(12월~2월) 계절별로 군을 나누어 차이를 확인하였다.

3. 통계 방법

수집된 자료는 SPSS 20.0K (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 분석하였다. 연속 변수의 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 시행하였다. 연속변수에 대한 두 군 이상 여러군의 비교는 정규분포를 따를 경우 ANOVA를 사용하였고, 정규분포를 따르지 않을 경우, Kruskal-wallis test 검정을 사용하였다. *p*값이 0.05 미만인 경우에 통계학적으로 의미 있는 것으로 판단하였다.

III. 결 과

1. 환자의 분포

화상을 일으킨 전압은 92명이 220V로 기록 되었으며 환자 중 3명의 환자는 정확히 노출된 전압의 용량을 알 수 없었지만 공공장소로 220v 전압의 저전압으로 추정되고 그 외에 나머지 2명의 환자는 600V 이상의 고전압이 아닌 380V의 저전압으로 확인 되었다. 화상의 깊이는 50명이(50.5%) 1도 화상이었고, 47명(49.5%)이 2도 화상이었다. 3도 화상 환자는 없었다. 손상 부위는 손이 79명(81.4%)이었고, 얼굴의 입주변이 6명(6.2%), 그 외에 팔, 다리에 각 4명(4.1%)씩 몸통 부위 3명(3.1%)이었다. 발생장소는 68명(70.1%)이 집에서 발생하였으며, 학교 13명(13.4%), 공공장소 12명(12.4%)이고 작업장은 4명(4.1%)이었다. 전기 화상의 원인으로서는 전도체를 통한 벽에 있는 콘센트에 접촉하면서 손상이 일어나는 기전이 대부분 이었다. 71명이 젓가락, 열쇠, 가위로 명확한 전도물질이 표시된 경우는 42명이었고 나머지는 39명은 전도물질에 대한 기록 없이 이물을 통한 콘센트 접촉으로만 기록되어 있었다(Table 1).

2. 심전도 및 혈액검사

97명의 환자 중 88명의 환자에서 심전도가 시행되었다. 정상 심전도가 75명(85.2%)이었고 동성 빈맥이 6명(6.8%),

RBBB가 2명(2%), PVC 2명(2%), 동성 서맥 3명(3.4%)이었다(Table 2). 의무기록상 선천성 심장 이상이나 심장에 이상 소견이 있는 과거력을 가진 환자는 없었다. 혈액 검사는 71명이 시행되었으며 LDH, CPK, Troponin I, CK-MB를 모두 시행한 환자는 54명이었고 LDH, CPK 결과만 포함한 환자는 64명이었다. Troponin I와 CK-MB의 검사 결과는 모두 정상 범위를 넘어선 환자는 없었다. CPK가 정상 범위(100 U/L)를 넘어선 환자는 8명 있었으나 모두 450 U/L 이하였고 8명 모두 CPK 추가 검사를 시행하지는 않았으며 특별한 증상을 호소하지는 않았다. 그 외에 혈액 검사에서는 이상소견이 없었다.

Table 1. Demographics.

Gender n (%)	
male	59 (60.8)
female	38 (39.2)
Age	
Mean (SD)	7.26 (6.32)
Accident cause n (%)	
Plug socket	70 (72.2)
Electric machine	19 (9.6)
Wire	8 (8.2)
Wound site n (%)	
Hand	79 (81.4)
Face	6 (6.2)
Leg	5 (5.1)
Arm	4 (4.1)
Body	3 (3.1)
Burn degree n (%)	
1 st degree	48 (49.5)
2 nd degree	49 (50.5)
TBSA mean % (SD)	4.7 (3.0)
LAB mean (SD)	
LDH	462.4 (179.3)
CPK	181.5 (197.4)
TnI	0.035 (0.04)
CK-MB	4.3 (3.9)
Seasons n (%)	
Spring	16 (16.5)
Summer	33 (34.0)
Fall	18 (18.6)
Winter	30 (30.9)
Places n (y)	
House	68 (70.1)
School	13 (13.4)
Public place	12 (12.4)
Work place	4 (4.1)

3. 연령대와 계절별 발생

소아 전기 화상의 대상이 된 97명을 연령대 와 계절별 발생 양상을 분석하였다. 유아(infant 0~2세), 학령전기(preschool age 3~5세), 학령기(school age 6~12세), 청소년기(adolescence 13~18세)로 나이에 따라 분류 한 결과, 유아 41명(42.2%), 학령전기 9명(9.2%), 학령기 19명(20%), 청소년기28명(28.9%)으로 영유아 에서 발생률이 높는데 나 이별로 보면 1세 25명 2세 15명으로 1세와 2세가 대부분을 차지 한다. 이외에 발생률이 높은 것은 청소년기에서 높았는데 특히 16세에서 10명이 발생하였다. 성별에 따른 차이는 유아와 초등 구간에서 남자의 발생률이 높았다(Table 3-1, Fig. 1). 발생자소로는 68명이 발생하였는데 나이별 발생 장소로는 유아는 41명 중 39명(95.1%)이 학령전기는 11명 중 9명(81.8%)이, 학령기는 19명 중 11명(57.9%)이 집에서 전기 화상이 발생하였으며 나이가 올라감에 따라 학교 및 공공장소, 작업장으로 고루 분포 되고 있다(Table 3-2, Fig. 2). 1년중 계절별로 분포를 확인한 결과 봄(3, 4, 5월) 여름(6, 7, 8월), 가을(9, 10, 11월), 겨울(12, 1, 2월)로 분류 한 결과 봄 16명(16.5%), 여름 33명(34.0%) 가을18명(18.6%) 겨울30명(30.9%)이 내원하였다(Table 3-3, Fig 3).

4. 화상의 정도 및 진료 결과

전기 화상을 입은 후 응급실을 방문하여 초기 처치는 실바딘(silver sulfadiazine)연고는 사용하지않았고 폴리우레탄(polyurethane), 하이드로젤(hydrogel), 하이드로콜로이드(hydrocolloid) 제제를 복합적으로 사용되었다. 화상 면적의 의무 기록을 통해서 추정해본 결과 대부분 부분적인 손상으로 9% 이내 78명이고 18%를 넘는 환자는 보이지 않았다. 외래를 방문을 통해 관리를 받은 환자는 34명이었고 14명(14.4%)이 입원하였고 이 중 4명은 응급실을 통해 입원 했으며 10명은 외래 방문 후 입원하였다. 수술을 받은 환자는 없었다. 외래 방문 치료와 입원 이후 기록에는 심각한 합병증은 확인되지 않았다.

Table 2. EKG.

	n=88
EKG rhythm	
normal sinus rhythm	71
sinus tachycardia	7
sinus bradycardia	4
RBBB	3
VPC	2

* RBBB: Right bundle branch block

† VPC: Ventricular premature beat

IV. 고 찰

전기적 화상 또는 손상은 고압 환경과 저압 환경으로 나눌 수 있는데 고압일수록 손상의 정도가 크게 되는데 고압은 보통 1000 v 이상으로 정의 하지만 600 v 이상일 경우 치명적인 손상이 발생할 가능성이 높다.(6-7) 본 연구에서 확인된 대부분의 전기적 손상의 경우 저 전압(220V)이었고 고전압 시설이 위치하는 경우는 대부분 작업장 이거나 일반 주거지와 상당한 거리를 두고 위치하고 있기 때문에 소아의 경우 발생 가능성이 낮아 본 연구에서는 발생하지 않았다.(7) 전기 에너지는 생활 환경에서는 두 가지 형태로 존재하게 되는데 교류(Alternating Current voltage)와 직류(Direct current voltage)이다. 교류는 시간에 따라 크기와 방향이 주기적으로 변하는 전류로 사이클 형태를 취한다. 교류는 대부분의 일반 가정이나 사무실 에서 사용하는 형태이고 직류는 시간에 상관없이 전류의 세기와 방향이 일정한 전류를 말하며

일상생활에서는 주로 배터리나 외과용 메스에서 사용 된다.(1) 일상생활에서는 효율적으로 사용하고 전압 크기의 조절을 쉽게 하기 위해 가정과 사무실로 전달되는 전기 에너지는 직류 보다는 주로 교류를 사용하고 있다. 교류는 비교적 낮은 전압에서도 같은 전압의 직류에 비해 위험할 수 있다.(8-9) 직류의 경우 접촉하게 되면 경련성 수축이 일어나 전원으로부터 환자가 이탈되는 현상을 가져오지만 교류는 근육의 강직성 경련이 일어나고 계속 접촉하게 되어 전류의 통과 시간이 길어져 손상이 커질 수 있다.(9) 전기에 의한 손상의 경우 직접 접촉에 의한 손상과 간접적인 과정을 통한 손상으로 나눌 수 있다. 직접적 손상은 피부나 심근 등에 직접적으로 에너지가 가해져서 발생하는 열에너지 또는 전기 에너지에 의한 손상이고 간접적 손상은 에너지 전달로 인한 근육 수축에 의해 이차적으로 발생하는 손상이다. 직접적인 전기적 손상은 주로 전류량(amperage)의 크기에 의해 결정 된다. 전기 에너지에 의한 열에너지는 Joule 의 법칙에 의하여 Energy (J)=I(전류)²×R(저항)×T(접촉 시간)으로 설명 되는데 열에너지는 전류가 신체를 통하게 되면 신체에 분포되어 있는 조직 성분에 따라 저항이 발생하고 그 에너지가 열로 변하면서 발생하게 된다. 저항이 증가하면 에너지가 증가하게 되고 그 에너지가 열로 변환 되어 온도가 높아지게 되는데 신체 조직은 신경, 혈관, 근육, 피부, 지방, 뼈 순으로 저항이 높아진다.(10-12) 저항은 접촉 면적과 닿는 부위에 가해지는 압력, 전류의 크기와 전도되는 시간, 접촉 부위의 전도체 등에 영향을 받게 된다. 손이나 발등 말단 부위에 수

Table 3-1. Age group.

	n=72
Age group (yrs)	
Infants (0~2)	41 (42.3)
Preschool age (3~5)	11 (11.3)
School age (6~12)	19 (19.6)
Adolescence (13~18)	26 (26.8)

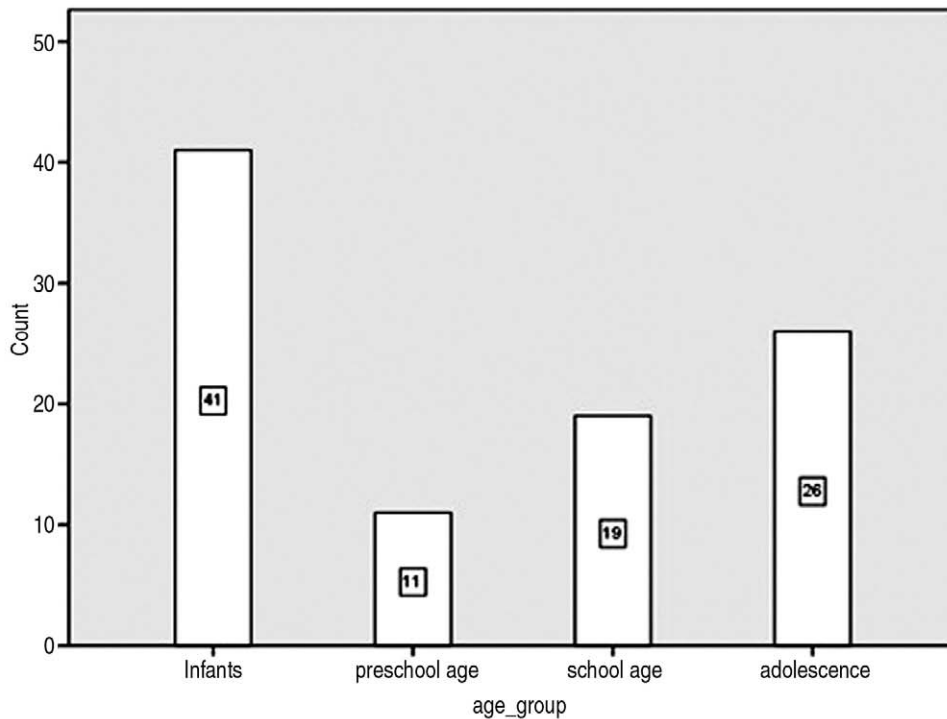


Fig. 1. The incidence of electrical burn according to the age group.

분이 있을 경우 저항이 감소되어 표면 손상은 적을 수 있으나 증가된 에너지가 내부 장기의 뼈나 지방과 만나면서 저항값이 증가 되어 보이지 않는 부위에 열에 의한 손상이 증가되어 나타날 수 있다.(12-13) 소아의 경우 피부에 수분이 상대적으로 많은 편으로 저항이 낮아 접촉 면적이 작으면 전기 에너지가 집중되고 피부 안쪽으로 전달되어 저항이 상대적으로 높은 피하 지방이나 뼈에 에너지가 집중되어 보이지 않는 큰 손상을 유발 할 수 있게 된다.(14) 이론적으로는 흔히 가정에서 쓰는 220 V 전압에 의한 손상의 경우 건조한 성인 손바닥일 경우 40,000-100,000Ω의 저항이 발생하고 약 2 mA 정도의 전류가 내부로 전달 되는데 소아의 경우 특히 수분이 묻어 있을 경우 1000Ω 정도까지 저항이 떨어져서 200 mA 이상의 전류가 전달 될 수 있다.(1,10,14) 그렇지만 본 연구에서는 외래진료 기록을 확인하여도 심각한 후유증은 확인할 수 없었다. 대부분의 전기 화상은 전원과 접촉한 부위는 다른 연구에서도 손이 가장 많은 빈도수로 나타나는데 본 연구에서도 손이 가장 많은 빈도수로 확인되었다.(5) 심전도

결과는 대부분 큰 이상 소견은 발견 되지 않았다. 본 연구에서는 9명의 환자에서 심전도 기록이 없었다. 증상이 없는 저전압 손상은 심전도 검사가 필요 없을 수 있다고 한다.(15) Esther 등의 연구에서 증상이 없는 가정용 전기일 경우 심전도 검사가 필요 없을 수 있다고 주장 하지만 신생아의 심질환 발생 빈도가 1% 이상이고 심장의 후천적 변이를 예측할 수 없으며 비록 저전압이라 하더라도 심장과 여러 장기로의 에너지 전달을 예측할 수 없기 때문에 침습적이지 않은 기본 심전도의 확인은 필요하다고 생각된다.(15-17) 심장 효소 검사, 혈액검사는 큰 이상 소견이 발견 되지 않았다. 전기 화상의 빈도수가 영아 와 유아 특히 1세와 2세에서 많이 나왔지만 다시 청소년기에 다소 증가하는 양상을 보였다(Fig. 2). 1~2세는 외적 호기심을 손을 사용하여 입으로 느껴서 해결하는 시기로 보호자의 관리가 소홀할 경우 사고가 발생할 수 있을것으로(21) 청소년기의 증가는 활동량이 많아지고 전자기기에 항상 노출되어 있어 다시 증가하는 것으로 생각된다. 계절별 요소와 연관 지어서는 여름과 겨울에 많이 발생

Table 3-2. Age group & Place.

	House	School	Public place	Work place
Infants	39 (95.1)		2 (4.9)	
Preschool age	9 (81.8)		2 (18.2)	
School age	11 (57.9)	6 (31.6)	2 (10.5)	
adolescence	9 (34.6)	7 (26.9)	6 (23.1)	4 (15.4)

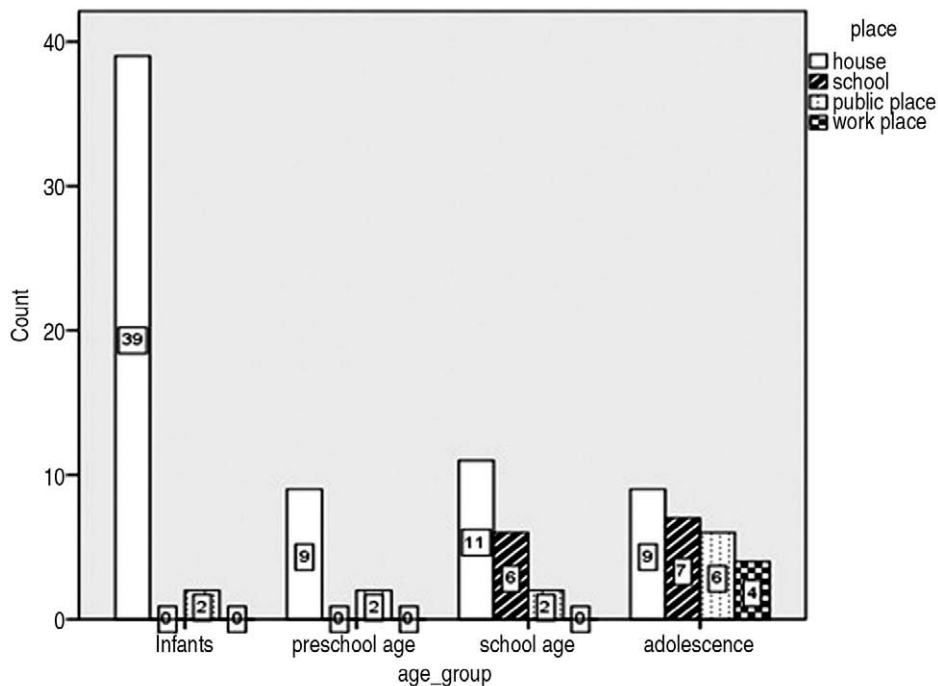


Fig. 2. The incidence of electrical burn according to the sites to the age group.

하였는데 의미있는 차이는 아니었다. 여름과 겨울 전자기기 사용량이 많아지는 빈도수와 관련된 지표로 생각되나 다른 나라의 발생률과는 다소 차이를 나타내고 있다.(18-19) 본 연구의 제한점으로는 첫째, 4개의 병원에서 자료를 모았으나 소아 전기 화상 환자의 수가 충분한 대표성으로 가지기에 부족할 숫자였다. 둘째, 외래를 통한 경과 관찰이 가능한 환자가 적고 경과 진행에 관한 정보도 적어 합병증 및 정확한 경과 관찰에 한계일 수 있다.

V. 결 론

소아 전기 화상의 모든 환자가 저압 전기 손상으로 치명적 합병증은 나타나지 않았다. 그러나 적절한 진료를 위해서는 면밀한 초기 평가가 필요하고 화상 부위와 운동기능 및 감각

등에 대해 좀더 정확한 기록이 필요할 것이다. 본 연구결과를 토대로 연령대 분포와 계절별 분포, 전기 화상의 원인을 확인해 보면 1~2세 유아에게 금속성 또는 콘센트에 넣을 만한 두께의 이물의 노출을 최소화 시키고, 콘센트의 삽입부분에 대한 예방기구를 사용하게 되면 전기 화상의 발생빈도를 많이 줄일 수 있을 것으로 여겨진다. 그리고 그 다음 발생 빈도가 높은 청소년 초기의 발생을 증가는 더 많은 환자를 대상으로 한 연구를 통해 예방 가능한 요인을 확인해 봐야 할 것이다. 심전도 결과는 큰 이상이 발생되지는 않았고 정확한 적응증이 확립되지 않은 상황에서 심전도 검사를 배제하기 위해서는 적절한 연구를 통해 기준을 확립해야 할 것이다.

Table 3-3. Age group & place n (%)

	House	School	Public place	Work place
Infants	39 (95.1)		2 (4.9)	
Preschool age	9 (81.8)		2 (18.2)	
School age	11 (57.9)	6 (31.6)	2 (10.5)	
Adolescence	9 (34.6)	7 (26.9)	6 (23.1)	4 (15.4)

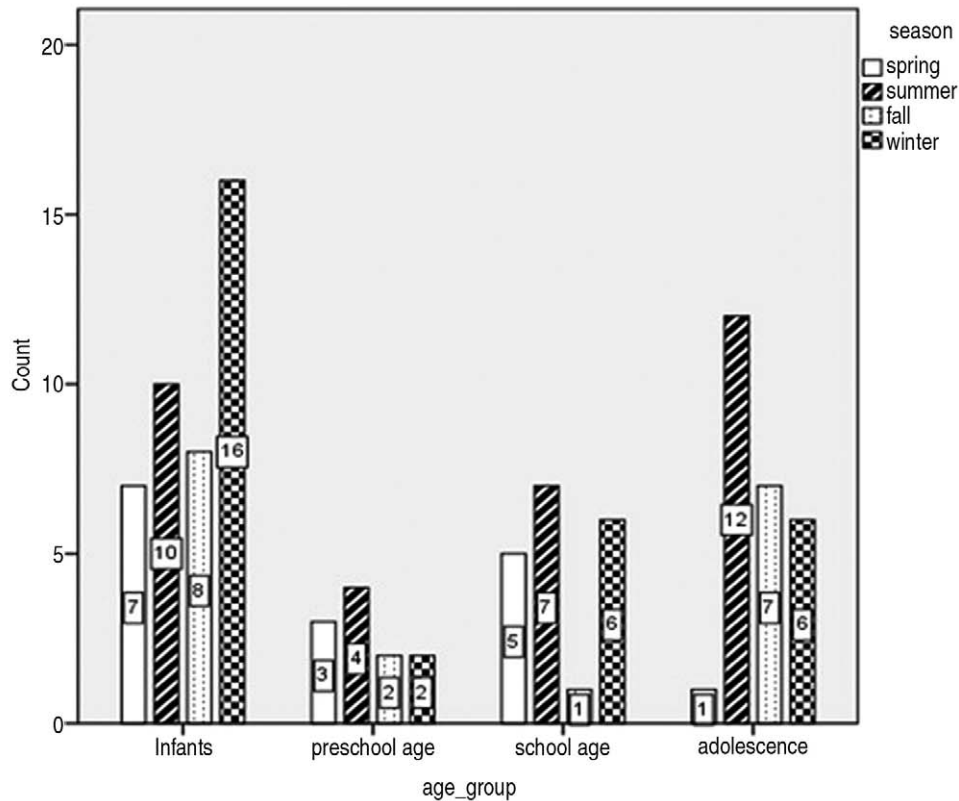


Fig. 3. The incidence of electrical burn according to the season to the age group.

REFERENCES

- 1) Anastassios C. Koumbourlis: Electrical injuries. *Crit Care Med* 2002; 30: 424-430.
- 2) Ashock S. Gajbhiye, Mona M. Meshram, et al: The Management of Electrical Burn. *Indian J Surg* 2013; 75: 278-283.
- 3) Mehmet T. Gokdemir, Halil Kaya et al. Factors Affecting the Clinical Outcome of Low-Voltage Electrical Injuries in Children. *Pediatr Emerg Care* 2013; 29: 357-359.
- 4) Mark Choi, Milton B. Armstrong et al. Pediatric Hand Burns: Thermal, Electrical, Chemical. *J Craniofacial Surg* 2009; 20: 1045-48.
- 5) Kim DC, Lee R et al. Epidemiology of Burns in Korea from 2010 to 2014: *J Korean Burn Soc* 2015; 18: 1-6.
- 6) Rosen CL, Adler JN, Rabban JT, et al. Early predictors of myoglobinuria and acute renal failure following electrical injury. *J Emerg Med* 1999; 17: 783-89.
- 7) Bernstein T: Electrical injury: Electrical engineer's perspective and an historical review. *Ann NY Acad Sci* 1994; 720: 1-10.
- 8) Fish R: Electric shock: Part I. Physics and pathophysiology. *J Emerg Med* 1993; 11: 309-12.
- 9) D.leibovici, J.Shemer, S.C Shapira. Electrical injuries:current concepts *Injury* 1995; 26: 623-27.
- 10) Fish R. Electrical shock Part 1: Physics and pathophysiology. *J Emerg Med* 1993; 11: 457-62.
- 11) Esses SI, Peters WJ. Electrical burns: Pathophysiology and complications. *Can J Surg* 1981; 24: 11-4.
- 12) Baker MD, Chiaveillo C. Household electrical injuries in children- epidemiology and identification of avoidable hazards. *Am J Dis Child* 1989; 143: 59.
- 13) Helou BN, Carlson RW. Electrical and lightning injuries. In: Carlson RQ, Geheb M, eds. *Principles & Practice of Medical Intensive Care*. Philadelphia: WB Saunders 1993: 1645-46.
- 14) Cooper MA. Emergent care of lightning and electrical injuries. *Semin Neurol* 1995; 15: 268-78.
- 15) Esther H. Chen, Amit Sareen: Do Childrens Require ECG Evaluation and Inpatient Telemetry After Household Electrical Exposures? *Ann Emerg Med* 2007; 49: 64-7.
- 16) Lee SB. Clinical Presentation of heart Disease in Infants and Children. *J Korean Pediatr Soc* 1997; 40: 301-6.
- 17) Noh CI. ECG for the General Pediatricians: Practical Approach to children with Apparently Normal Physical Exam and Normal ECGs. *J Korean Pediatr Cardiol Soc*. 2006; 10: 402-7.
- 18) Ami Shan, Srnivasan Suresh, et al. Epidemiology and Profile of Pediatric Burns In a Large Referral Center 2011; 50: 391-5.
- 19) Liquiang Zhu, Ling Liu et al. Hospitalized Pediatric Burns in North China: A 10-year epidemiologic review. *Burns* 2013; 39: 1004-11.
- 20) Cooper MA. Lightning injuries: Prognostic signs for death. *Ann Emerg Med* 1980; 9: 134-8.
- 21) Resnik BI, Welti CV. Lichtenberg figures. *Am J Forensic Med Pathol* 1996; 17: 99-102.
- 22) lightning injuries. *Semin Neurol* 15: 241-55.