전기 감전 체험 교육을 위한 간섭 전류형 저주파 자극기의 인체 자극 임계값

전정채*, 김재현*, 유재근*
*한국전기안전공사 전기안전연구원
e-mail : kescoin@naver.com

Human Stimulation Thereshold of Interferential Current Type Low Frequency Stimulator for Electric Shock Experience Education

Jeong-Chay Jeon*, Jae-Hyun Kim*, and Jae-Geun Yoo*
*Electrical Safety Research Institute affiliated with KESCO

요 약

매년 높은 비율의 전기안전사고가 발생하지만 예방교육은 단순한 영상홍보나 단순 텍스트를 이용한 교육 수준에서 주입식으로 이루어지고 있다. 항공, 군사, 전력산업 등 다양한 분야에서는 가상현실을 이용한 체험형 교육 시스템이 개발되어 운영되지만 전기안전 예방교육은 감전사고와 같은 특수한 상황의 체험과 사고를 유발시킬 수 있다는 측면에서 체험형 교육시스템이 개발 및 적용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 전기감전 체험교육 시스템에 저주파 자극 장치를 사용할 수 있도록 저주파 간섭형 자극기를 이용한 인체 자극의 임계값 산출시험을 실시하고 대표적으로 성별, 연령별(아동 및 성인 구분)로 구분하여 적절한 자극값을 산출하였다. 본 연구의 결과는 향후 전기안전사고 예방을 위한 체험형 예방 교육 시스템에 활용이 가능할 것이다.

1. 서론

소방방재청과 한국전기안전공사의 통계에 의하면 전기안전과 관련한 여러 예방활동에도 불구하고 전기화재(표 1)와 전기감전 사고(표 2)는 감소하지 않고 있다. 오히려 GDP 증가율에 따른 경제활동의 활성화로 인적·물적 손실은 증가하고 있으며, 경제적·사회적 손실이 커지고 있다[1-2].

[표 1] 최근 3년간의 전기화재 통계

구분 / 연도	총화재	전기화재	점유율(%)	인명피해(명) 사망/부상	재산피해 (백만원)
2008	49,631	9,808	19.7	44/329	66,749
2009	47,318	9,391	19.8	43/283	58,190
2010	41,862	9,442	22.6	48/217	61,430

[표 2] 최근 3년간의 감전사고 통계

구분 / 연도	사망	부상	계
2008	68	497	565
2009	46	533	579
2010	46	535	581

전기안전사고는 사용자의 부주의가 많은 원인을 차지한다. 이러한 인적오류(Human Error)에 의한 사고를 예방하기 위해서는 체계적이고 장기적인 교육 및 훈련이 필요하다. 이와 관련하여 최근 애니메이션를 이용한 전기안전사고 예방 교육 자료에 관련 연구가 진행되었다[3].

현재의 전기안전사고 예방을 위한 교육은 텍스트, 영상을 중심으로 한 주입식 교육으로 전기안전에 관심도가 높은 사람을 제외하고는 부적합하다. 특히, 성인에 비해 집중력과 사물에 대한 이해도가 떨어지는 어린이 및 영유아를 상대로는 다양한 교육 방식의 도입이 필요하다.

즉, 전기안전사고의 대부분을 차지하고 있는 사용자 부주의 사고를 예방하기 위해 현재의 전기안전 교육 매체(텍스트 및 영상) 보다 체험형 교육이 더 효과적일 수 있다.

최근 가상현실 기술의 발전과 의료기기의 발달로 인해 전기화재, 전기감전을 체험할 수 있는 기술의 개발이 가능하게 되었다. 특히 증강현실이나 시뮬레이터를 사용한 가상현실을 안전교육 콘텐츠에 적용

할 경우 학습장면에 대한 맥락인식과 실제감, 몰입감을 촉진함으로 학습효과가 증대 할 것으로 기대된다[4].

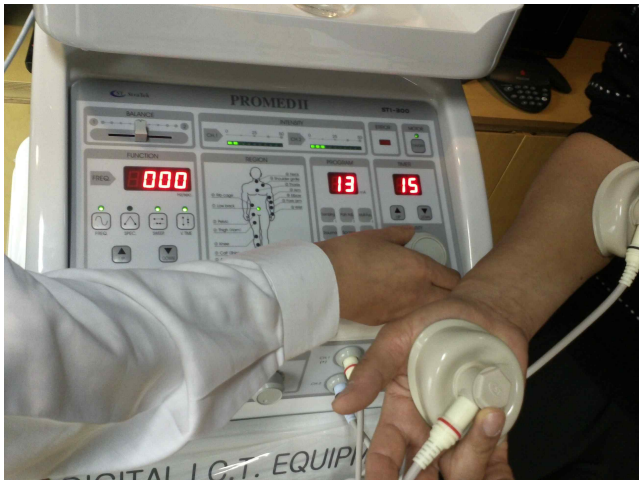
전기안전사고 예방을 위한 체험형 교육 시스템에 있어 감전사고의 체험은 적절한 자극값을 필요로 한다. 감전 체험을 위한 자극은 진동 등을 사용할 수 있고 개인의 연령, 성별 등에 따라 개인차가 존재하게 된다. 또한 교육의 효과를 극대화하기 위한 자극이 너무 강하면, 정서 변화로 인한 불쾌감 및 심할 경우 정신적 외상을 남길 수 있어 자연적으로 내적 동기수준이 떨어지데 된다. 반대로 자극이 너무 약하면, 위험을 감지하기 위한 각성 상태가 떨어져, 교육효과가 없을 수 있다.

따라서 연령별, 성별, 제공 콘텐츠에 따른 학습효과를 극대화 할 수 있는 감전 자극의 임계값(기준점) 산출이 필요하다. 본 논문에서는 인체 감전을 체험하기 위해 저주파 자극기를 이용할 수 있도록 인체 자극 임계값 산출 결과를 기술하였다.

2. 실험방법

감전 사고를 모의하기 위한 인체 자극 값을 산출하기 위해 사용한 장비는 간섭 전류형 저주파 자극기 STI-300로 (주)STratek의 장비이며 의료기기 허가를 받은 장비로써 최대 출력전류 50mA전류를 1~50mA로 조정이 가능하며, 신체 접점 부분을 습식 또는 건식이 가능하다. 실험 대상은 아동 3~12세와 성인 19~39세의 정신병리학 적인 이상이 없으며, 정상청력과 시력을 가지고 있는 여자 28(아동13, 성인 15), 남자 38(아동11, 성인 27) 총 66명이 실험에 참가하였다.

실험에 앞서 키, 몸무게, 나이, 성별 등의 전류 자극에 영향을 미칠 수 있는 데이터를 수집하고, 피로효과를 없애기 위해 3~20mA 의 자극을 4초 동안 제시받고 불쾌감, 각성도, 고통감의 3항목에 대해 5점 척도로 보고 하게 하였다. 중간에서 고통을 보고하는 경우는 자극이 끝난 후 최대 자극까지 스스로 올리게 하여 최대값을 산출 하였으며, 자극이 제시되는 부분은 그림 2에서와 같이 건식으로 오른쪽 손바닥과 하박(팔뚝)쪽으로 성인 12cm, 아동 10cm로 고정하였다.



[그림 1] 저주파 자극기를 이용한 실험장면

3. 결과

저주파 자극기를 이용한 인체 감전 자극 임계값 산출 실험 결과를 분석하기 위해 독립 변인은 전기자극(mA), 아동(3~13세), 성인(19~39세), 성별(남여), 키, 몸무게이며, 종속변인은 불쾌감, 고통감, 각성도로 보고한 5점 리커트 척도 이다. 각 독립변인간의 변량 분석과 각 불쾌, 고통, 각성의 최대값과 mA값의 상관을 SPSS 12.0을 사용하여 분석하였다.

표 3은 실험 대상인 전체 66명에 대한 평균과 표준편차이다. 최대 전류의 경우 약 14.3mA가 평균이며, 평균 불쾌감과 고통, 각성의 평균은 3점(보통) 밑으로, 실험시의 전기 자극이 장기적으로 큰 고통이나 불편, 불쾌함을 유발하지는 않았다.

[표 3] 전체 실험자의 최대(max)값과 평균 값

전체	키 [cm]	몸무게 [kg]	최대전류 [mA]	불쾌 M	고통 M	각성 M
Mean	164.00	56.92	14.30	2.68	2.67	2.63
SD	15.47	15.60	4.80	0.80	0.68	0.88
Case	66	66	66	66	66	66
max	189	85	20	3.83	4.00	4.19
min	104	18	8	1	1	1

성별(남, 녀), 나이(아동, 성인)로 구분하여 산출한 결과는 표 2와 같다. 아동의 경우 남녀의 성별차가 거의 없으나, 성인의 경우 성별차가 생기는 상호작용이 일어났다. 하지면 평균 자극에 대한 불쾌 고통 각성이 낮았으나, 최대값을 넘어가면 고통자극이 커서 학습의 역효과가 일어날 것으로 예상된다. 표 2와 3에서와 같이 성별과 나이의 최대값으로, 더 이상의 자극은 화상 및 불쾌, 고통감으로 인해 각성이 최대치가 되지 않는 것으로 나타났다.

[표 4] 성별과 나이별 max값과 평균 값

남자 아동	키 [cm]	몸무게 [kg]	최대전류 [mA]	불쾌 M	고통 M	각성 M
Mean	148.91	42.64	8.91	1.90	2.18	1.87
SD	18.72	11.82	0.54	0.73	0.56	0.67
Case	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
max	171.00	63.00	10.00	3.00	3.00	3.00
min	104.00	18.00	8.00	1.00	1.29	1.00
남자 성인	키 [cm]	몸무게 [kg]	최대전류 [mA]	불쾌 M	고통 M	각성 M
Mean	177.04	71.89	18.26	2.91	2.76	2.91
SD	5.31	7.97	2.57	0.57	0.58	0.64
Case	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
max	189.00	85.00	20.00	3.64	3.61	3.78
min	168.00	58.00	12.00	1.39	1.56	1.00
여자 아동	키 [cm]	몸무게 [kg]	최대전류 [mA]	불쾌 M	고통 M	각성 M
Mean	151.00	41.92	8.92	2.24	2.36	1.88
SD	11.87	9.67	0.49	0.89	0.79	0.80
Case	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
max	165.00	58.00	10.00	3.83	3.50	3.29
min	122.00	22.00	8.00	1.00	1.00	1.00
여자 성인	키 [cm]	몸무게 [kg]	최대전류 [mA]	불쾌 M	고통 M	각성 M
Mean	162.87	53.47	15.80	3.24	3.16	3.32
SD	4.67	4.22	3.49	0.47	0.49	0.57
Case	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
max	174.00	59.00	20.00	3.81	4.00	4.19
min	155.00	45.00	9.00	2.00	2.38	1.85

따라서 각성의 점수와 부정감정(불쾌, 고통)의 차이가 최대치가 되는 전류자극이 각성은 높이고 부정감정이 적어, 학습의 최적화가 일어날 수 있는 가능성이 있다. 이에 대한 선택은 실제 개발되는 콘텐츠 시나리오가 강력한 처벌 위주인지, 보상위주인지에 따라 선택의 기준을 정해야 할 필요하가 있다. 즉 강력한 처벌 위주일 경우, 신체 부작용을 최소화한 최대값(mA)이 효과적이고, 보상위주일 경우 부정감정이 최소화 되고 각성이 최대화 되는 암페어 값에서 최고의 학습효과가 나타날 수 있다(표 5).

[표 5] 인체 자극 값과 학습효과

남자 아동	최대각성, 최소전류[mA]	최대각성시 부정	부정 최대	맥스값-최적값(부정)
Mean	8.00	3.57	3.71	0.14
SD	1.15	1.30	1.29	0.38
Case	7.00	7.00	7.00	7.00
max	9.00	5.00	5.00	1.00
min	6.00	1.50	1.50	0.00
남자 성인	최대각성, 최소전류[mA]	최대각성시 부정	부정 최대	맥스값-최적값(부정)
Mean	13.78	4.42	4.86	0.44
SD	3.77	0.69	0.38	0.51
Case	18.00	18.00	18.00	18.00
max	19.00	5.00	5.00	1.50
min	7.00	2.50	3.50	0.00
여자 아동	최대각성, 최소전류[mA]	최대각성시 부정	부정 최대	맥스값-최적값(부정)
Mean	7.63	3.44	4.19	0.75
SD	1.30	0.94	0.70	0.93
Case	8.00	8.00	8.00	8.00
max	9.00	5.00	5.00	2.50
min	6.00	2.00	3.00	0.00
여자 성인	최대각성, 최소전류[mA]	최대각성시 부정	부정 최대	맥스값-최적값(부정)
Mean	11.77	4.54	4.92	0.38
SD	3.22	0.43	0.28	0.30
Case	13.00	13.00	13.00	13.00
max	18.00	5.00	5.00	1.00
min	8.00	3.50	4.00	0.00

4. 토의

본 연구에서는 인체에 치명적인 전기 자극을 저주파 자극으로 치환해서 제공하였으며, 이를 mA로 계산하여 점진적으로 제공하였다. 또한 전기 자극에 대한 신체의 위험성 때문에 높은 전류의 전기를 제공하면, 화상과 심리적 트라우마(Trauma : 외상 후 스트레스 장애)의 위험 때문에, 고통이나 불쾌감을 보고하면, 제공되는 전류의 강도를 조정함으로써 실제 견딜 수 있는 부분보다 약한 전기 자극일 수 있다. 특히 아동의 경우 불쾌, 각성, 고통 등의 개념이 불확실 하여, 자기 보고 5점 척도의 문제가 발생 할 수 있으나, 통계적으로 안정적인 참가자 수를 확보함으로서 이러한 문제를 최소화 하였다. 향후 본 시험 결과의 적용은 시스템 및 콘텐츠의 제작에 있어 나이, 성별, 몸무게, 키 등에 대한 다양한 변수에 대

해 최대 자극전류를 사용할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 전기안전예방교육을 위한 체험형 교육 시스템의 감전 체험을 위해 필요한 인체 자극값을 산출하였다. 감전 자극을 모의하기 위해 저주파 간섭형 자극기를 이용하였고 연령과 성별 등을 변수로 하여 감전 자극으로 사용할 있는 진동 자극의 임계값을 산출하였다. 본 연구의 결과는 과거의 단순 미디어 자료에 의존한 교육이 아닌 체험형 교육에 활용됨으로써 전기안전사고의 예방효과가 높을 것으로 기대된다. 향후 전기안전사고 예방을 위한 체험형 콘텐츠 및 시스템의 개발을 진행할 예저이다.

본 연구는 2011년년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(*No. 2011T1001215*)

참고문헌

[1] 소방방재청, “화재통계연감” 소방방재청, 2008 ~ 2011
[2] 한국전기안전공사, “전기재해통계분석”, 연구보고서, 2009~2011
[3] 민진경,조현섭,오훈,김대성,안승혁,유인호, “전기안전을 위한 교육욕 에니메이션 제작에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2005, 7, pp. 18-20.
[4] 이재인, 최종수, “증강현실기반의 초등과학콘텐츠 제작”, 한국콘텐츠학회논문지 제11권, 제11호, 2011, 11, pp. 514-520.