

교육자료 - 감전 시 인체에 영향을 미치는 요소

1. 감전사고의 개요

1) 감전사고의 발생

감전사고의 발생형태는 다음의 그림과 같이 전선이나 전기기기의 노출된 충전부의 양단간에 인체가 접촉되는 경우와 전기기기의 충전부와 대지 사이에 인체가 접촉된 경우 그리고 누전상태의 전기기기에 인체가 접촉되는 경우 등이 있습니다. 감전되었을 경우 인체에 미치는 영향은 항상 동일한 것이 아니고, 그 상황이나 조건에 따라 달라지는데, 그 위험도는 다음과 같은 요인에 의해 결정됩니다.



• 감전사고의 위험요소

- ① 인체에 흐른 전류의 크기(통전전류의 크기)
- ② 인체에 전류가 흐른 시간(통전시간)
- ③ 인체에 흐른 전류의 경로(통전경로)

2) 감전사고의 직접적인 원인

- ① 충전부에 직접 접촉하거나 안전거리 이내에 접근 시
- ② 절연열화, 손상, 파손 등에 의해 누전된 전기기기 등에 접촉 시
- ③ 잔류전하가 충전된 콘덴서나 고압케이블 등에 접촉 시
- ④ 전기기기 등의 외함과 권선사이 또는 외함과 대지간의 정전용량에 의한 분압전압이 인가된 경우
- ⑤ 지락 전류 등이 흐르고 있는 도체부근에 발생하는 전위경사도(전위차)에 의한 경우
- ⑥ 고전압 송전선의 정전유도 또는 유도전압에 의한 경우
- ⑦ 정전회로에 오조작 또는 자가용 발전기 운전으로 인한 역송전에 의한 가압의 경우
- ⑧ 낙뢰의 진행파에 의한 경우

3) 감전사고의 특징

- 전기 작업과 직접적인 관련이 없는 일반 작업자에게 많이 발생
 - 생산 설비인 저압전동기의 누전에 의해
 - 전기작업자의 경우에는 정전 또는 활선 근접작업 시의 안전수칙을 준수하지 않음으로 인해 주로 발생
 - 일반적으로 고압이 상대적으로 더 위험하나 실제 재해발생은 고압보다 저압에서 훨씬 많이 발생
- 다음 표는 감전사고의 징후를 나타낸 것으로, 전격과 심실세동의 내용을 살펴보고, 심실세동 심실세동이란 무엇인지에 대해 참고하시기 바랍니다.

감전 징후	
<p>전격</p> <ul style="list-style-type: none"> • 맥박이 점점 빨라지며 일정기간 후 급격히 약해져서 결국 느끼지 못하게 됨. • 피부가 거칠어지고 윤기가 없어짐 • 이마에 식은땀이 흐르며 체온이 떨어짐 • 불안, 초조, 심한 요동을 일으키기도 함. 	<p>심실세동</p> <ul style="list-style-type: none"> • 후두부 맥박이 정지됨 • 동공이 확대됨 • 눈동자가 불빛에 반응을 보이지 않음.


심실세동

인체의 혈액은 전신에서 심장으로 돌아오는 대정맥을 통하여, 심장의 우심방과 우심실을 거친 후 폐동맥을 통해 폐로 들어가 정화되고 폐정맥을 거쳐서 심장의 좌심방으로 들어가서 좌심실을 거쳐 전신으로 가는 대동맥으로 나가서 온몸을 흐른 다음 다시 대정맥을 통해 심장으로 돌아오는 순환을 하고 있다. 그런데 이 혈액은 심장의 펌프작용에 의해 순환하게 되며 이 펌프작용의 원동력은 심장중추에서 만들어지는 전압 펄스에 의하는데 이 펄스는 1.1~1.3[Hz]로 결국 심장을 1분에 약70회 정도 박동시키게 한다. 그러나 전격에 의해 외부에서 전압이 가해지게 되면 심장박동의 제어계에 영향을 주거나 파괴시켜 불규칙적인 박동(1분에 약 200~500회)을 일으키게 되는데 이러한 현상을 심실세동이라 한다. 이 현상이 일어나게 되면 심장의 불규칙적인 박동에 이어 심장이 정지하게 된다.

2.감전 시 인체에 영향을 미치는 요소

감전 시 인체에 영향을 미치는 요소는 크게 통전 전류의 크기, 통전 시간, 통전 경로, 인체 저항으로 구분 할 수 있습니다. 통전전류의 크기는 인체에 얼마나 많은 전류가 흘렀는가에 따라 인체에 영향을 미치고, 통전시간과 경로는 얼마나 오랫동안, 어느 부위를 통해 흘렀는지가 어느 정도 영향을 미치는가를 좌우합니다. 그리고 인체 저항은 인체의 저항 값이 얼마인가를 의미하는데, 인체의 손상이 크다는 것은 그 만큼 많은 에너지가 인체에 인가된 것을 의미합니다. 같은 조건이라고 해도 인체의 경로에 따라 그 위험도는 다를 수 있다는 것입니다. 즉, 심장 쪽으로 흐르면 그만큼 그 위험도는 커진다는 것을 의미합니다.

1)통전전류의 크기



전류의 크기에 따른 감전의 영향

1(mA)	전기를 느낄 정도
5(mA)	상당한 고통을 느낌
10(mA)	견디기 어려운 정도의 고통
20(mA)	근육의 수축이 심해 자신의 의사대로 행동 불능
50(mA)	상당히 위험한 상태
100(mA)	치명적인 결과 초래



2)통전시간

다음 표는 통전시간과 전류의 한계표로 통전시간에 따른 전류의 한계를 나타내고 있습니다. 심실세동 전류에서 165mA가 인체에 흐르면 심실세동으로 환원할 수 있는데, 시간이 길수록 심실세동 전류의 값이 작아짐을 의미합니다. 즉, 오랜 시간동안 전기에 노출되면 적은 전류에서도 심실세동으로 사망할 수 있다는 것을 나타낸 것입니다.



통전시간과 전류의 한계표

통전시간(초)	전류(mA)	통전시간(초)	전류(mA)	통전시간(초)	전류(mA)
0,05	518	0,80	130	3,00	67
0,10	367	1,00	116	3,50	62
0,15	300	1,50	95	4,00	58
0,20	260	2,00	82	5,00	52
0,50	164	2,50	73		

□ 심실세동 실험식

$$I_s = \frac{165}{\sqrt{T(\text{시간})}} \text{ (mA)}$$

심실세동 전류에서 시간 T가 길수록

심실세동 전류 값은 작아진다.

즉, 오랜 시간 전기에너지에 노출되면

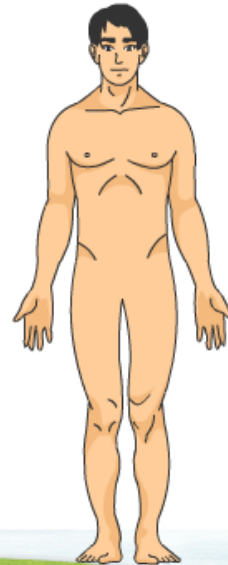
적은 전류에서도 심실세동으로 사망할 수 있다.

3) 통전 경로

같은 양의 전류라 하더라도 인체의 어느 부위를 타고 전류가 흘렀느냐에 따라서 위험도는 달라집니다. 즉, 심장부위에 흐르면 심실세동으로 인한 위험이 커지게 되는데, 아래 표를 보면서 확인해 보겠습니다. 통전경로별 위험도에서 볼 수 있는 것과 같이 왼손과 가슴 간에는 53mA의 전류가 통전되고, 양손과 양발 사이에는 80mA의 전류가 흐르는 것이 심장전류의 계수를 볼 때 그 위험도가 서로 동일하다는 것을 알 수 있습니다. 여기에서 "왼손과 가슴"인 경우에는 전류가 심장을 통과하므로 가장 위험하고, 오른손보다는 왼손이 통전경로가 되는 경우에 심장을 통과할 가능성이 높으므로 더 위험하다고 할 수 있습니다.

오른손 → 등 (100mA) = 왼손 → 가슴 (20mA)

통전경로	심장전류계수(k)
왼손 → 가슴	1,5
오른손 → 가슴	1,3
왼손 → 한발, 양발	1,0
양손 → 양발	1,0
오른손 → 한발, 양발	0,8
왼손 → 등	0,7
왼손 → 오른손	0,4
오른손 → 등	0,3



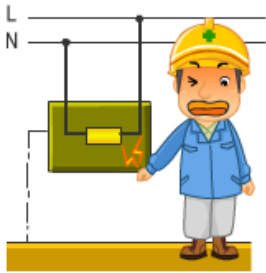
4)인체 내에 흐르는 전류의 식

$$\text{인체 내에 흐르는 전류의 식: } \text{전류} = \frac{\text{전압}}{\text{저항}}$$

인체 내에 흐르는 전류의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있는데, 분모 즉 저항이 클수록 전류는 작아지게 됩니다. 인체의 저항 값은 대략 1,000Ω에서 2,000Ω 정도의 상태로 저항 값에 따라 다르게 나타납니다. 즉, 건조 시 저항 값이 20 ~ 25배 증가하고, 땀이나 물에 젖어 있을 때 1/20 ~ 1/25배 정도 감소하여 비교적 낮은 전압에서도 치명적인 전격을 당할 수 있어 매우 위험합니다. 특히 여름철에 누전에 의한 감전사고가 많이 발생하므로, 이에 대한 예방대책 활동이나 안전작업수칙이 더욱 더 강조되어야 합니다.

5)위험전압과 안전전압

어떠한 형태이든 전원과 인체가 접촉되어야 전압이 인체에 인가되고, 인체를 통과하는 전류가 일정수준 이상이면 전격을 유발하게 되는데, 이 접촉되는 형태는 여러 가지로 분류가 가능하나 전기안전을 위한 대책 측면에서 크게 직접접촉 및 간접접촉 형태로 분류할 수 있습니다.



●직접접촉

평상시 충전되어 있는 충전부에 인체의 일부가 직접 접촉하여 전압이 인가되는 형태로 활성작업 중 부주의 또는 정전작업 중 타인이 전원스위치를 투입하였을 때 자주 발생되고, 간접접촉은 전선피복의 절연손상 또는 아크 발생에 의하며, 평상시 충전되지 않는 기기의 금속제 외함 등에 누전이 되어 있는 상태에서 인체의 일부가 이 외함과 접촉하여 인체에 전압이 인가되는 것



●간접접촉

간접접촉의 형태는 누전되어 있는 기기의 외함과 그렇지 않은 경우를 육안으로 구분하기가 불가능하고, 특별한 주의 없이 기기 외함과 접촉할 수 있기 때문에 각별한 안전대책이 수립되어야 합니다

6)접촉형태에 따른 허용전압

종별	접촉상태	허용접촉전압
제 1 종	■ 인체의 대부분이 수중에 있는 상태	2.5[V] 이하
제 2 종	■ 인체가 현저하게 젖어있는 상태 ■ 금속성의 전기기계 · 기구나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉되어 있는 상태	25[V] 이하
제 3 종	■ 제 1, 2종 이외의 경우로서 통상적인 인체상태에서 접촉전압이 가해지면 위험성이 높은 상태	50[V] 이하
제 4 종	■ 제 1, 2종 이외의 경우로서, 통상적인 인체상태에서 접촉전압이 가해지더라도 위험성이 낮은 상태 ■ 접촉전압이 가해질 우려가 없는 상태	제한 없음

인체의 대부분이 수중에 있는 상태인 제1종의 허용접촉전압은 2.5V이하이고, 제2종은 인체가 현저하게 젖어있는 상태이거나, 금속성의 전기계기구나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉되어 있는 상태로 허용접촉전압은 25V이하입니다. 제3종은 제1종, 2종 이외의 경우로 통상적인 인체 상태에서 접촉전압이 가해지면 위험성이 높은 상태이고, 제4종은 삼종과 마찬가지로 제 1, 2종 이외의 경우로서, 통상적인 인체상태에서 접촉전압이 가해지더라도 위험성이 낮은 상태를 말하며, 접촉전압이 가해질 우려가 없는 상태로 허용접촉전압에 제한이 없습니다. 감전 사고를 인체의 위험성에서 볼 때에 최종적으로 인체에 유입되는 전류와 통전시간의 곱에 의해서 결정되므로 안전상 허용접촉전압은 주변 환경을 감안하여 정할 수 있습니다.

3. 감전사고의 예방대책

1) 감전사고방지의 기본대책

■ 설비의 안전화

- 전로를 전기적으로 절연
- 충전부로부터 격리
- 설비의 적법시공 및 운용
- 고장 시 전로를 신속히 차단

■ 작업의 안전화

- 보호구 사용
- 검출용구 및 접지 용구 사용
- 경고표지 및 구획 로프의 설치
- 활선 접근 경보기 착용

■ 위험성에 대한 지식습득

- 기능숙달
- 교육훈련으로 안전지식 습득
- 안전거리 유지

2) 감전사고시의 응급조치

전격재해가 발생하였을 때 의식을 잃고 호흡이 끊어지는 경우가 있습니다. 감전쇼크에 의하여 호흡이 정지되었을 경우 혈액중의 산소함유량이 약 1분 이내에 감소하기 시작하여 산소결핍현상이 나타나기 시작합니다. 그러므로 단시간 내에 인공호흡 등 응급조치를 실시할 경우 감전사망자의 95%이상을 소생시킬 수 있는데, 감전재해가 발생하면 우선 전원을 차단하고 피해자를 위험지역에서 신속히 대피시키는 동시에 구급차나 의사를 부르고, 2차재해가 발생하지 않도록 조치하여야 합니다. 그리고 재해 상태를 신속하고 정확하게 관찰한 다음 구명시기를 놓치지 않도록 불필요한 시간을 낭비해서는 안됩니다.

호흡이 멈춘 후 인공호흡이 시작되기까지의 시간

- 전원 차단
- 피해자를 위험지역에서 신속히 대피
- 구급차나 의사를 부름

시간	소생률
1분	95%
3분	75%
5분	25%
6분	10%

■ 감전에 의하여 넘어진 사람에 대한 중요 관찰사항

- ① 의식상태, 호흡상태, 맥박상태
- ② 높은 곳에서의 추락한 경우에는 출혈의 상태, 골절의 이상 유무 등을 확인
- ③ 의식이 없거나 호흡 및 심장이 정지해 있거나 출혈을 많이 하였을 때에는 응급조치 실시