

۱-۱ مقدمه

بدن انسان هادی جریان برق است. عبور جریان برق از بدن فرد که به آن برق‌گرفتگی گفته می‌شود، متناسب با دامنه و زمان عبور جریان می‌تواند بسیار خطرناک باشد. در جریان برق‌گرفتگی علاوه بر سوختگی پوست محل ورود و خروج جریان برق، بافت‌ها هم دچار آسیب می‌شوند. اگر جریان برق از قلب عبور کند؛ منجر به اختلال در سیستم قلب و اگر از مغز عبور کند منجر به مهار مرکز تنفس و وقفه تنفسی خواهد شد. لذا با توجه به اهمیت موضوع، در این قسمت خطرات انرژی الکتریکی و حفاظت در برابر آنها بیان می‌شود.

۱-۲ انواع برق‌گرفتگی

برق‌گرفتگی به دو دسته تقسیم می‌شود: با ولتاژهای بالا و با ولتاژهای پایین. در موارد با ولتاژ بالا، حتماً بدن لازم نیست مستقیم با سیم یا کابل برق تماس داشته باشد بلکه ممکن است در فاصله چند متری هم جریان برق از هوا عبور کند و به بدن فرد منتقل شود و باعث برق‌گرفتگی شود. در این موارد هر چقدر ولتاژ برق و رطوبت هوا بیشتر باشد میزان انتقال و آسیبی که به بدن وارد می‌شود بیشتر است. در موارد ولتاژ پایین برق‌گرفتگی بر اثر تماس مستقیم فرد با هادی حامل جریان پیش می‌آید. در برق‌گرفتگی با ولتاژ پایین بدن فرد دچار لرزش و گاهی گرفتگی عضلات می‌شود. گرفتگی عضلات گاهی منجر به حفظ اتصال دائم با هادی حامل جریان خواهد شد.

رعایت جوانب احتیاط در حین ارائه کمک‌های اولیه به فرد برق‌گرفته توصیه اول به فرد کمک‌کننده می‌باشد. بدین ترتیب که تا وقتی که جریان برق به مصدوم متصل است نباید به مصدوم دست بزنیم. ابتدا باید جریان برق قطع شود. این کار با قطع کردن فیوز یا کشیدن دو شاخه از پریز ممکن می‌شود. بعد از قطع جریان برق باید بدن مصدوم را از اتصال به لوازم برقی جدا کرد. فرد کمک‌کننده باید دمپایی لاستیکی به پا کند و یا اگر زمین خیس است از چند روزنامه برای خشک کردن استفاده کند و توسط یک چوب و یا هر چیزی که غیر رسانا است فرد مصدوم را از محل که برق در آن وجود دارد دور کند. بعد از قطع ارتباط برق در ابتدا باید تنفس مصدوم را کنترل کرد. اگر تنفس نداشت باید تنفس دهان به دهان انجام شود. بالافاصله باید ضربان قلب و نبض کنترل شود. در صورتی که نبض وجود نداشت ماساژ قلبی ضروری است. در هر نوع برق‌گرفتگی شخص باید به بیمارستان منتقل شود و باید تا ۲۴ ساعت تحت نظر باشد. البته تا رسیدن به پزشک تنفس مصنوعی و همچنین ماساژ قلبی لازم است.

۱-۳ خطر حریق در اثر انرژی الکتریکی

گاهی در اثر اتصال سیم‌های برق، حریق به وجود می‌آید. اگر پوشش‌های عایق سیم‌های از بین برود و مستقیماً به هم متصل شوند، جرقه‌هایی در محل اتصال پدید می‌آید و بقیه روپوش سیم‌ها را می‌سوزاند. همچنین اگر جریان زیاد و بیش از حد مجاز از سیم‌ها و تجهیزات الکتریکی بگذرد؛ گرم

می‌شوند و ممکن درجه حرارت آنها بحدی برسد که برای سوزاندن آنها کافی باشد. در ضمن شل بودن اتصالات سیم‌ها باعث ایجاد جرقه‌های کوچک می‌شود. به تدریج این جرقه‌ها شدیدتر شده و سیم‌ها را می‌سوزانند. فیوزهایی که استاندارد نباشند هم وقتی که بسوزند، ممکن است فلز آنها ذوب شود و روی چوب یا هر ماده قابل اشتعال دیگری بریزد و موجب آتش‌سوزی شود [۱].

۱-۴ اقدامات ایمنی در صورت بروز آتش‌سوزی با انرژی الکتریکی

به محض بروز آتش‌سوزی در اثر اتصالی برق یا آتش گرفتن سیم‌ها، فوراً جریان برق را توسط کلید اصلی قطع نمایید. اگر دسترسی به کلید اصلی ندارید و ناچارید سیم‌های برق را قطع کنید، به وسیله یک انبردست دسته عایق یا یک چوب بلند و خشک این کار را انجام دهید [۱]. هرگز روی سیم‌های برق آب نریزید. زیرا آب‌های معمولی هادی الکتریسته هستند و برای شما خطر جانی دارد. خاموش کردن شعله‌های آتش باید به وسیله ریختن شن و پاشیدن پودرهای مخصوص (کپسول‌های آتش‌نشانی نصب شده روی دیوارهای آزمایشگاه برای این منظور می‌باشند) صورت گیرد. در ضمن، در اولین فرصت باید اداره آتش‌نشانی را از وقوع حریق مستحضر سازید و علت آتش‌سوزی را نیز یادآوری نمایید.

۱-۵ انرژی الکتریکی روی چه دستگاه‌های فیزیولوژیکی از بدن انسان تاثیر می‌گذارد؟

برق از سه طریق به انسان صدمه می‌زند:

(۱) به وسیله تاثیر روی قلب

در مورد قلب ابتدا ضربان‌های خارج از موقع پیدا می‌شود. بعد ریتم‌های مضاعف و یا چهار برابر تولید می‌گردد. تعداد ضربان‌ها گاهی به ۸ برابر ضربان‌های طبیعی می‌رسد و پس از آن قلب به رعشه می‌افتد.

(۲) تاثیر روی سلسله اعصاب

جریان متناوب با ولتاژ کم اختلال مهمی در اعصاب تولید نمی‌نماید. اما جریان‌های با ولتاژ زیاد مرکز تنفس واقع در پیاز نخاعی را از میان می‌برد. بدون اینکه قلب متوقف شود مرگ در اثر تورم ریوی روی می‌دهد.

(۳) عضلات

بر اثر جریان الکتریکی اعصاب محیطی قابلیت تحریک و هدایت خود را از دست می‌دهند و همچنین سیستم عضلانی که تحت تاثیر جریان برق قرار می‌گیرد دارای انقباضات کزازای شکل می‌شود و هنگامی که جریان قطع می‌شود انقباض عضلانی نیز از بین می‌رود و گاهی در اثر جریان برق استفراغ‌های متوالی پیدا می‌شود که ممکن است باعث خفگی شود [۱].

۱-۶ عوامل موثر در شدت برق گرفتگی

شدت برق گرفتگی تابع عوامل زیر است [۱-۳]:

الف) مسیر جریان بدن

به عقیده اغلب محققین مسیر جریان مصدوم کننده بسیار مهم است، زیرا ممکن است این جریان از قلب و سیستم تنفسی و یا مغز عبور نماید و یا ممکن است بدون عبور از مغز و یا قلب، سبب اختلال در مراکز عصبی شود. مقاومت کف دست در رنج ۱۰۰ اهم تا ۱ مگا اهم است. اعصاب، شریان‌ها و ماهیچه‌ها، مقاومت کمتری دارند و استخوان، چربی و زردپی مقاومت نسبتاً بالایی دارند. در جدول ۱، مقاومت مسیرهای مختلف جریان را در شرایط خشک و مرطوب، مشخص شده است. به طور کلی مسیر دو دست برای عبور جریان که در آن ریه و قلب در معرض برق گرفتگی قرار می‌گیرند و خطر خفگی هم وجود دارد، بسیار خطرناک است [۳].

جدول ۱: مقاومت اعضای بدن بر حسب اهم از استاندارد IEEE 1048 – 1990

Resistance	Hand - to - Hand		Hand - to - Feet
	Dry Condition	Wet Condition	Wet Condition
Maximum	13,500	1,260	1,950
Minimum	1,500	610	820
Average	4,838	865	1221

ب) مقدار جریان

اگر مقدار جریان DC که از بدن انسان عبور می‌کند بیش از ۰/۰۵ آمپر باشد، برای اغلب افراد خطرناک است. جریان ۱۰ میکرو آمپر که به صورت مستقیم از قلب عبور کند، می‌تواند سبب ایست قلبی شود. در این شرایط بافت ماهیچه قلب دچار تپش نامنظم می‌شود، به طوری که خون نمی‌تواند پمپ شود. در مورد جریان AC نیز، جریان ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌آمپر کافی است تا سبب ایست تنفسی و یا ایست قلبی شود [۳]. شایان ذکر است جریان بالا سبب صدمه گرمایی به بافت‌ها می‌شود و گرمای بافت‌ها با مربع جریان افزایش می‌یابد (RI^2) [۳]. جدول ۲، تاثیر مقدار جریان روی بدن انسان را نشان می‌دهد.

ج) مدت تاثیر جریان

با افزایش مدت عبور جریان، گرما افزایش می‌یابد و می‌تواند سبب سوراخ شدن طبقه شاخی پوست شود. چارلز دلزیر^۱ تحقیقی را راجع به ارتباط زمان عبور جریان با میزان جریان عبوری که سبب بروز شوک می‌شود؛ انجام داده است [۳]:

1 - Charles Dalziel

$$I = \frac{K}{\sqrt{t}} \quad (1-1)$$

که در آن :

I: جریان بر حسب (mA)

t: زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

K: ثابت است و ۱۱۶ برای ۰.۵٪ جمعیت (جمعیت حساس) و ۱۵۷ برای کارگران صنایع با وزن بیش از ۷۰ کیلوگرم

جدول ۲: تاثیر مقدار جریان روی بدن انسان [۴]

جریان (mA)				تاثیر		
جریان متناوب		جریان مستقیم				
۱۰ هرتز		۶۰ هرتز				
زن	مرد	زن	مرد	زن	مرد	
۵	۷	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۱	احساس خفیفی روی دست
۱۱	۱۷	۱/۲	۱/۸	۶	۹	شوک ^۱ بدون درد، بدون از دست دادن کنترل ماهیچه‌ای
۳۷	۵۵	۶	۹	۴۱	۶۲	شوک دردناک، آستانه از دست دادن کنترل ماهیچه‌ای
۶۳	۹۴	۱۵	۲۳	۶۰	۹۰	شوک دردناک همراه با مشکلات تنفسی و از دست دادن کنترل ماهیچه‌ای

د) فرکانس جریان متناوب

به عقیده بیشتر محققین فرکانس‌های ۵۰ تا ۶۰ هرتز مهلک‌ترین فرکانس برای انسان می‌باشد و اگر این فرکانس را کم یا زیادتر سازیم خطرات مرگ کمتر خواهد شد. فرکانس‌های زیاد ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ معمولاً باعث مرگ نمی‌شوند بلکه موجب سوختگی محلی می‌شوند [۱].

ه) ولتاژ مجاز

ولتاژ ۱۰۰ تا ۴۰۰ ولت متناوب کشنده‌ترین ولتاژ است و به اندازه کافی زیاد است تا جریان قابل توجهی را در بدن ایجاد نماید و سبب شود که ماهیچه‌ها به شدت منقبض شوند [۳]. در ولتاژهای بالاتر، انقباض شدید ماهیچه‌ای ممکن است مصدوم را پرتاب کند [۳]. نتایج آزمایشی که در مورد تاثیر ولتاژ روی خرگوش‌ها انجام شده، در جدول ۳، آمده است [۱].

۱- اختلال در سیستم گردش خون که سبب مختل شدن خون‌رسانی به مراکز حیاتی بدن و در نتیجه کاهش اکسیژن‌رسانی به این مراکز شود؛ باعث شوک می‌شود [۵]

جدول ۳: نتایج آزمایش تاثیر ولتاژ روی خرگوش‌ها [۱]

۱۱۵۰	۴۷۰	۴۶۰	۲۱۶	۱۲۸	۹۰	۶۰	ولتاژ متناوب (v)
۲۷۳۰	۱۳۹۰	۸۵۴	۳۴۴	۱۵۹	۵۴/۸	۴۵/۵	شدت جریان (mA)
۴/۱	۶/۹	۶/۹	۶/۸	۶/۶	۱۴	۱۴	مدت تاثیر جریان (sec)
۵۰	۳۳	۳۳	۳۳	۲۶/۶	۱۶/۵	۵/۸	مرگ (%)

۷-۱ روش های حفاظت از برق گرفتگی

- قبل از تکمیل اتصالات مدار، تغذیه اصلی را وصل نکنید.
 - قبل از وصل کردن مدار به ولتاژ صحت اتصالات را بررسی کنید و مراقب باشید هیچ سیمی بدون اتصال نباشد.
 - به قسمت های بدون حفاظ و پوشش ایمنی دست نزنید (مثلا قسمت فلزی سیم‌های چنگکی)
 - اگر کسی را برق گرفت به او دست نزنید؛ بوسیله چوب یا ابزار عایق سیم‌های برق را از او جدا کنید و فوراً جریان برق را قطع کنید.
 - خونسردی خود را هنگام کار و بروز حادثه حفظ کنید چون کوچک‌ترین اشتباه ممکن است جان شخصی را به خطر بیندازد.
 - باید دانست شخص برق گرفته معمولاً در حالت خفگی است و مرگ او ظاهری است. بنابراین باید با تمام قوا کوشش کنید که تنفس مصنوعی مداوم و طولانی به او بدهید (همراه با اکسیژن). ضایعات سوختگی نیز باید مانند سوختگی معمولی پانسمان شده و تحت درمان قرار گیرند ولی باید همیشه بخاطر داشت که تنفس مصنوعی اولین اقدام برای افراد برق‌گرفته است.
 - به مصدوم دست نزنید؛ ممکن است مصدوم «برق‌دار» باشد و شما هم در معرض برق‌گرفتگی قرار بگیرید. هرگز از وسایل فلزی برای قطع تماس الکتریکی استفاده نکنید. روی یک ماده خشک نارسانا ایستاده، از یک وسیله چوبی استفاده کنید. آماده باشید تا در صورت توقف تنفس مصدوم، احیای تنفسی یا ماساژ قلبی را تا رسیدن کمک‌های اورژانس آغاز کنید.
 - کلید اضطراری قطع برق آزمایشگاه را فشار دهید، تماس بین مصدوم و منبع برق را از طریق فشار دادن این کلید، قطع کنید. اگر به هر دلیل به کلید اضطراری اصلی دسترسی ندارید، به موارد زیر عمل کنید:
- مطابق شکل ۱، برای محافظت از خود، روی یک ماده خشک نارسانا مثل یک جعبه چوبی، یک کفپوش پلاستیکی یا یک دفترچه بایستید. با استفاده از یک وسیله چوبی (مثل یک جارو)، اندام‌های مصدوم را از روی منبع الکتریکی کنار بزنید و یا منبع الکتریکی را از مصدوم دور کنید. اگر قطع تماس (مصدوم با منبع برق) با یک وسیله چوبی مقدور نیست، ضمن آنکه کاملاً مراقب هستید تا به مصدوم دست نزنید، طنابی را به دور مچ پای مصدوم یا بازوان وی حلقه کنید و وی را از منبع جریان الکتریکی دور کنید.

در صورتی که با استفاده از هیچ‌یک از روش‌های فوق نتوانستید مصدوم را بی‌برق کنید؛ وی را با کشیدن بخش‌هایی از لباسش که شل و خشک هستند، (از منبع برق) دور کنید. این کار را تنها به عنوان آخرین تلاش انجام دهید زیرا ممکن است مصدوم همچنان «برق‌دار» باشد [۴].



شکل ۱: برای محافظت از خود، روی یک ماده خشک نارسانا بایستید و با استفاده از یک وسیله چوبی، منبع الکتریکی را از مصدوم دور کنید.

۸-۱ مراجع

- [۱] ابوالفضل اشعریون، «تکنولوژی برق»، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
- [۲] استخراج شده در تاریخ ۱۳۸۴/۱۱/۲۶ از سایت <http://www.tbzmed.ac.ir>
- [3] Professor Mohamed A. El-Sharkawi, "Electric Safety", University of Washington.
- [۴] استخراج شده در تاریخ ۱۳۸۵/۱/۲۶ از سایت سلامتیران، پایگاه اطلاعات پزشکی، تغذیه، طب مکمل و متافیزیک به آدرس: <http://www.iranhealers.com/salamat/iranhealers>
- [۵] صغری مینا، رحیم عساکره، "کمک‌های اولیه و مهارت‌های امدادی"، موسسه فرهنگی نشر آیندگان، ۱۳۸۲.