



خطرات برق و آثار فیزیولوژیک آن

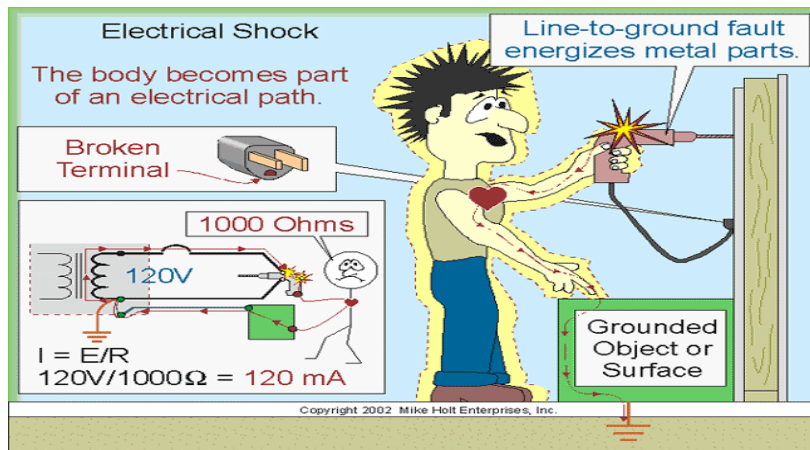
مؤلفان : فردوس عظیمی - پیمان عظیمی پارسا

انرژی الکتریکی به دلیل مزایای زیادی که دارد با روند افزایش مصرف روبرو است ، این انرژی هرچند مزایا و ویژگی‌های مثبتی دارد اما دارای خطراتی نیز هست ، به ویژه در صنایع و آزمایشگاه‌ها که با جریان‌ها و ولتاژهای بالا سر و کار دارند، رعایت اصول ایمنی و حفاظت افراد باید در اولویت و سرلوحه امور باشد یا به عبارتی اول ایمنی بعد کار . خطرات برق بطور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند که در این مطلب به بخش دوم یعنی خطر برق گرفتگی پرداخته شده است.

▪ خطر آتش سوزی

▪ خطر برق گرفتگی

برق گرفتگی یا شوک الکتریکی عبارتست از آسیب رسیدن به بافت‌های بدن به دنبال عبور جریان الکتریسیته است. هرگاه قسمتی از بدن جزئی از یک مدار بسته الکتریکی شود ، ضایعات الکتریکی ایجاد خواهد شد ، که عمدتاً از طریق عبور جریان و تولید گرما به بافت ها آسیب می رساند.



شکل ۱

عبور جریان برق از بدن باعث تولید گرمای شدید و سوختگی اعضای داخلی بدن نیز می شود ولی تنها سوختگی پوست دیده می شود. باید توجه داشت که شدیدترین نوع سوختگی ، سوختگی ناشی از برق است که در ولتاژهای بالا رخ می دهد. اصولاً عبور جریان الکتریکی از درون هر بافت دارای فعالیت الکتریکی ممکن است باعث اختلال فعالیت آن عضو شود. این اثر در بافت هایی که قدرت هدایت الکتریکی بیشتری دارند، واضح تر و شدیدتر است. جریان برق می تواند باعث اختلال در

عملکرد قلب و مغز و گاهی کشنده شود. شدت آسیبی که ایجاد می شود رابطه مستقیمی با شدت جریان ، ولتاژ و نوع جریان الکتریکی دارد.

علائم و نشانه ها

علائم عمومی بروز برق گرفتگی عبارتند از :

- تنفس سریع و کوتاه
- سوختگی پوست
- گیجی و رفتار آشفته
- از دست رفتن هوشیاری به صورت گذرا

شدت علائم با توجه به ولتاژ جریان برق و مدت زمان تماس متفاوت است .

آثار برق گرفتگی از احساس شوک شروع می شود و می تواند تا حالت بیهوشی کامل برسد .لذا برای برق گرفتگی دو مرحله می توان تعریف کرد :

۱. آستانه احساس

۲. آستانه انقباض

عبور جریان کم آستانه احساس و گذشتن از حد معین جریان و واکنش عضلانی بدن ، آستانه انقباض را دربر خواهد داشت . آستانه احساس برای قسمت های مختلف بدن متفاوت است .بطور مثال آستانه احساس زبان « $0/45 \text{ mA}$ » و آستانه احساس برای پوست بدن در حدود « 1 mA » ، آستانه احساس پوست هر یک از اعضا متفاوت است . آستانه انقباض اعضا نیز باهم یکی نیستند، در شدت جریان حدود « 9 mA » دستها به سختی تکان می خورند، ولی $99/5$ درصد افراد سالم می توانند سیم برق را رها کنند .

آسیب های ناشی از جریان برق برای انسان

▪ سوختگی

سوختگی ناشی از برق گرفتگی رابطه مستقیم با مدت و شدت جریان ، ولتاژ و نوع جریان الکتریکی دارد.

بیشترین آسیب ناشی از جریان الکتریکی مربوط به تولید گرما در بافت ها است. مقاومت بافت های مختلف بدن متفاوت است و به ترتیب افزایش عبارتند از : اعصاب ، عروق ، عضلات ، پوست ، تاندون ، چربی و استخوان. در ولتاژهای پایین مثل برق شهری تقریباً جریان الکتریکی بسیار کم است و تولید گرما آنقدر زیاد نیست که باعث تخریب بافت استخوان شود ولی می تواند به بافت های حساس از جمله عضلات و عروق آسیب برساند. یکی از پدیده های مهم در ایجاد سوختگی بافت های

عمقی ، پدیده‌ای به نام ضایعه مرکزی (core injury) است در این پدیده به دلیل تولید گرمای بیش از حد در بافت‌های عمقی ، به ویژه در عروق و عضلات پدیده « نکروز » بوجود می آید . در حالیکه پوست محل تماس با برق ممکن است سالم باشد یا مختصری سوختگی داشته باشد. این پدیده معمولاً در اندام ها بیشتر اتفاق می افتد.

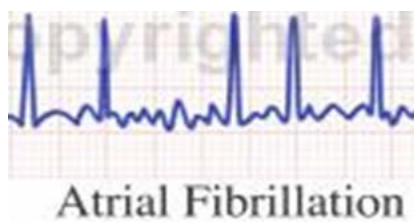
در بعضی موارد سوختگی در اثر جرقه و حرارت ناشی از برق است و گاهی سوختگی بدون تماس پوست با منبع برق بوجود می آید که سطح وسیعتری را در بر می‌گیرد. در اثر عبور جریان برق زیاد در قسمت های کم مقطع (بازو - ران) گرمای زیادی بوجود می آید . این گرما عضلات محلی را فاسد می‌کند و ماده رنگی عضله (میگلوبین) فاسد و وارد جریان خون می‌شود، که اگر از حد معینی در خون تجاوز کند، کلیه‌ها مسموم می شوند و شخص پس از چند روز به علت مسمومیت می‌میرد.

▪ تاثیر روی قلب

اختلالات قلبی:

فیبریلاسیون قلب در جریان ۷۵ تا ۱۰۰ میلی آمپر در فرکانس ۶۰ هرتز رخ می دهد. در حالت فیبریلاسیون یک بی نظمی در ریتم ضربان قلب پدید می آید و قلب نمی تواند خون را در بدن جاری کند.

نوع شایع برق گرفتگی که ممکن است پس از چند هفته یا ماه حتی چند سال بعد بروز کند و مهمترین آنها ناراحتی دریچه‌های قلب ، انبساط قلب و حتی « ترمبوز » (لخته شدن خون) است که خطرناک و کشنده خواهد بود و چنانچه شخص قبلاً دچار ناراحتی قلبی باشد، مسلماً عوارض ناشی از آن شدیدتر خواهد بود .ابتدا ضربان های بی موقع (غیر عادی و ناهماهنگ) پیدا می‌شود. گاهی تعداد ضربان ها تا هشت برابر ضربان های طبیعی می‌رسد. پس از آن قلب به رعشه یا لرزش بطن می‌افتد، که هر گاه لرزش بطن پیدا شود، خطر برق گرفتگی بسیار زیاد و ممکن است منجر به از کار افتادن قلب ، تنفس ، نفروز و مرگ شود (« نفروز » ناراحتی کلیوی است، این بیماری سبب ازدیاد اوره در خون می شود و عوارض زیادی را سبب خواهد شد).



شکل ۲

از آریتمی‌های قلبی خوش خیم تا خطرناک می‌تواند رخ دهد. همچنین ممکن است باعث سکتة قلبی (آنفارکتوس میوکارد) شود.

▪ تأثیر روی تنفس

جریان متناوب با ولتاژ کم اختلال مهمی در اعصاب تولید نمی‌کند، حتی اگر شدت جریان باعث ضایعات قلب شود. اما جریان‌های با ولتاژ زیاد مرکز تنفس واقع در پیاز نخاع را از بین می‌برد، بدون آنکه قلب متوقف شود و مرگ در اثر تورم ریوی روی می‌دهد.

جریان مستقیم به اندازه جریان متناوب ایجاد تشنج می‌کند و اگر جریان مستقیم بیش از «A ۲/۵» از بدن عبور کند، روی سلسله اعصاب اثر می‌گذارد و امکان شوک و فلج زیاد می‌شود. بر اثر جریان الکتریکی اعصاب محیطی قابلیت تحریک و هدایت خود را از دست می‌دهند و سیستم عضلانی که تحت تأثیر برق قرار گیرد دارای انقباض متوالی می‌شود و هنگامی که جریان قطع شود این انقباض نیز از بین می‌رود، که در این حالت آستانه انقباض هر عضله فرق می‌کند و اگر ولتاژ زیاد باشد، قدرت انقباض و انبساط عضلانی از بین می‌رود. گاهی در اثر جریان برق روی عضله‌ای خاص حالت تهوع متوالی پدید می‌آید که ممکن است باعث خفگی شود.

مهمترین عارضه ریوی آسیب ناشی از برق، ایست تنفسی به دنبال انقباض شدید تتانیک عضلات تنفسی است و ممکن است آتلکتازی، پنومونی و هموپنوموتوراکس نیز رخ بدهد.

▪ اختلالات در حس شنوایی و بینایی :

اینگونه اختلالات اغلب بلافاصله پیدا می‌شود. ولی آب مروارید، ناراحتی‌های اعصاب چشم، تورم عصب و بالاخره ورم پای چشم ممکن است مدتها پس از برق‌گرفتگی به وجود آید. در مورد اختلالات شنوایی هم باید از کم شدن حس شنوایی و یا کری نام برد.

▪ اختلالات عصبی :

خوشبختانه در مواردی که ولتاژ زیاد نباشد عوارض عصبی زود گذر است، ولی گاهی اختلالات عصبی پس از مدتی بروز می‌کند، که واقعا تأسف انگیز است. مانند اختلالات شعوری، از دست دادن حافظه پتکهای عصبی و دیگر تظاهرات عصبی.

مهمترین و شایعترین آسیب ناشی از صدمات الکتریکی، ضایعات نورولوژیک (عصبی) است که ممکن است از چند ثانیه تا چند ساعت (و گاهی چند روز) بعد بروز کند. در سیستم عصبی مرکزی (CNS) می‌تواند به صورت اختلالات هوشیاری، خونریزی و ترمبوز مغزی، افسردگی، ادم مغزی، تشنج، فلج و اختلال در قدرت درک و شناخت، کما و دیگر تظاهرات عصبی باشد. در اعصاب

محیطی ، سیستم عصبی حرکتی بیش از سیستم عصبی حسی در گیر می شود و ممکن است به صورت میلیت عرضی ، فلج بالارونده ، شوک نخاعی و درد عصبی باشد.

▪ سیستم گوارشی:

عبور جریان برق از سینه و شکم می تواند موجب خونریزی های گوارشی ، ضایعات کبدی و پارگی روده ها شود.

▪ سیستم عضلانی – اسکلتی:

به دلیل انقباض شدید عضلات ممکن است در رفتگی و شکستگی استخوان ها رخ دهد . نكروز بافت استخوانی اگرچه شایع نیست ولی نباید از آن غافل شد.

▪ سیستم کلیوی:

ضایعات کلیوی مثل سندرم له شدگی (Crash injury) ناشی از برق گرفتگی ، عارضه ای شایع است اثر نكروز بافت استخوانی اگر چه شایع نیست ولی نباید فراموش شود.

▪ عفونت:

در پی بروز آسیب های ناشی از جریان الکتریکی ممکن است سپتی سمی بروز کند که شایعترین عامل آن «پسودومونا» است.

اقدامات امدادی مؤثر :

کمک های پزشکی هنگام برق گرفتگی ضروری است . در برخورد با فردی که دچار برق گرفتگی شده است ابتدا اطمینان پیدا کنید که جریان برق قطع شده است و فرد آسیب دیده به منبع جریان متصل نیست. تعداد تنفس و ضربان قلب فرد آسیب دیده را کنترل کنید و در صورت لزوم اقدامات احیا قلبی – تنفسی را انجام دهید.



شکل ۳

عوامل موثر در برق گرفتگی:

شدت جریان: شدت جریان در برق گرفتگی عامل اصلی و مخاطره آمیز است. به عبارت دیگر، عامل مرگ فردی که دچار برق گرفتگی می شود شدت جریان است. جریان برق با شدت دو میلی آمپر فقط لرزش خفیفی در بدن ایجاد می کند و جریان های بالاتر از ۹ میلی آمپر سبب بروز شوک زودگذر در سطح بدن می شود و در جریان های بالاتر از ۳۰ میلی آمپر خطر مرگ انسان را تهدید می کند. بطور کلی مقدار جریانی که از بدن عبور می کند، بستگی به عوامل زیر دارد:

- پتانسیل (ولتاژ) جریان برقی که شخص در معرض آن قرار گرفته است

- شرایط عایق بودن مکانی که حادثه در آن محل اتفاق افتاده است

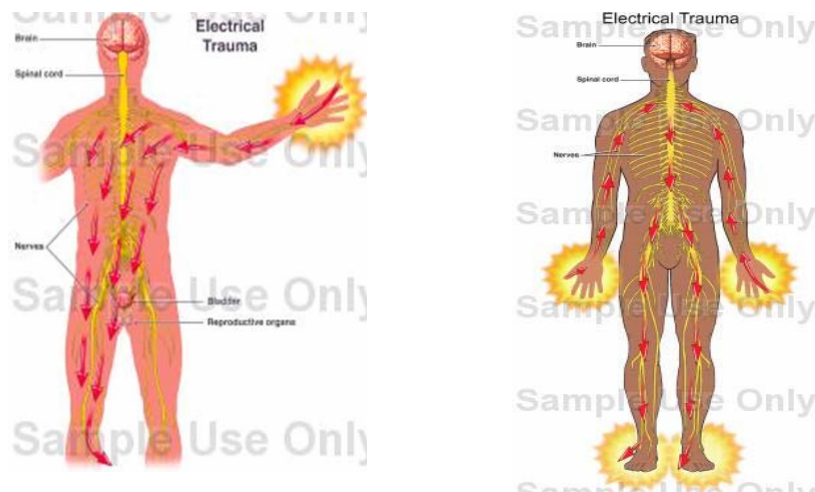
- مقاومتی که پوست یا لباس شخص یا مجموعه آنها از خود نشان می دهند.

- محل تماس بدن با جسم هادی

- فشار و میزان سطح تماس بدن با جسم هادی

- مسیر جریان برق

وقتی جریان برق وارد بدن می شود، مسیر خود را از راهی که کمترین مقاومت را دارد، انتخاب می کند و از نقطه ای نزدیک اتصال به زمین خارج می شود. این ورود و خروج سبب از بین رفتن بافتها و ایجاد ضایعات شدید از جمله از بین رفتن عضو و حتی مرگ می شود. بطور خلاصه جریان برق ممکن است از دست چپ به دست راست و بالعکس، از دست راست به دست پای راست یا چپ، از دست چپ به پای چپ یا راست و یا از پای راست به چپ و بالعکس و یا از میان سیستم عصبی مرکزی عبور کند، در هر حال اگر جریان برق به طریقی از بدن عبور کند که قلب در مسیر آن قرار گیرد، این بدترین و مخاطره آمیزترین حالت برای فردی است که دچار برق گرفتگی شده است .



شکل ۴

نوع جریان : در برق گرفتگی نوع جریان نیز بسیار مهم است. جریان برق متناوب خطرناکتر از جریان برق مستقیم است. زیرا جریان متناوب علاوه بر انقباض دایمی عضله و طولانی شدن قطع جریان برق که به بدن وصل شده است، آسیب وارده را نیز تشدید می‌کند. البته در ولتاژهای بالا، جریان مستقیم اثر تخریبی بیشتری دارد چون قوس‌های الکتریکی جریان مستقیم سوزانده تر است بنابراین شدت سوختگی در جریان مستقیم به مراتب بیشتر از جریان متناوب است. از جمله منابع برق مستقیم می‌توان از انواع باتری‌ها، شارژر و خازن‌ها نام برد.

مقاومت بدن :

با توجه به عناصر مختلف تشکیل دهنده بافت‌های بدن، عبور جریان برق از آنها حرارت متفاوت و در نتیجه ضایعات متفاوتی را ببار می‌آورد. مقاومت بافت‌های بدن به ترتیب عبارتند از: استخوان، چربی، تاندون، پوست، عضله، عصب و عروق خونی. به عبارت دیگر استخوان بالاترین مقاومت و مایعات داخل رگها کمترین مقاومت را دارند. پوست بدن نیز مقاومت‌های مختلفی به جریان برق دارد. هر چه پوست ضخیم تر و جثه فرد بزرگتر باشد، مقاومت بدن نیز بیشتر خواهد بود و هر چه پوست مرطوبتر باشد، مقاومت آن کمتر می‌شود. می‌توان مقاومت بدن را بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم در نظر گرفت. بنابراین به طور مثال اگر جریان ۲۲۰ ولت از دو دست بگذرد، جریانی با شدت ۴۴۰ تا ۲۲۰ میلی آمپر از بدن عبور خواهد کرد که خطرناک است.

جریان قوی یا ولتاژ بالا :

جریان‌های قوی سبب انقباضات عضلانی شدید، بیهوشی عمیق و فوری، فلج تنفسی و سوختگی‌های شدید می‌شود، انقباضات عضلانی گاهی سبب پرتاب فرد آسیب دیده و در نتیجه شکستگی استخوان می‌شود. همچنین ولتاژ زیاد موجب ایجاد قوس الکتریکی و حرارتی معادل ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌شود که حاصل آن گاهی ذغال شدن یک عضو و حتی تمام بدن است. بنابراین در حوالی سیستم‌های انتقال انرژی برق با ولتاژ زیاد، خطر ایجاد قوس الکتریکی و سوختگی فوق‌العاده شدید وجود دارد. حتی در مواردی که عبور جریان برق قطع می‌شود، بلافاصله نباید به مدار نزدیک شد، زیرا اثر "خازنی" مدار می‌تواند با تخلیه الکتریکی خود، سبب قوس الکتریکی شود و صدماتی را ببار آورد.