

دکتر سرور بهبهانی
دکتر محمد کریمی مریدانی



حفاظت الکتریکی

در تجهیزات پزشکی و سیستم‌های بیمارستانی



دستگاه‌ها و سیستم‌های پزشکی الکترونیکی (Medical Electrical) هر روزه پیچیده‌تر می‌شوند. استانداردهای مربوطه و استانداردهای قابل اجرا برای ارزیابی ایمنی بیمار در این دستگاه‌ها نیز پیشرفت کرده‌اند. پیش‌بینی خطرات و خطرات بالقوه و همچنین اجرای استراتژی‌های مقابله‌ای برای کاهش میزان احتمال صدمه از دستگاه‌های پزشکی الکترونیکی نیازمند چندین جزء است؛ از جمله یک تیم بین‌رشته‌ای از کارشناسان که در طراحی و توسعه دستگاه‌ها مشارکت دارند، متخصصین مراقبت‌های بهداشتی که در استفاده و کاربرد بالینی دستگاه نقش دارند، و در نهایت آموزش به بیماران که در صورت لزوم باید انجام پذیرد. از آنجا که واکنش بدن بیمار در مقابل عبور جریان با بدن فرد سالم متفاوت است، با عبور جریان‌هایی با دامنه پایین‌تر از بدن بیمار، برق‌گرفتگی ایجاد می‌شود که برای فرد سالم ممکن است خطری نداشته باشد.

آستانه ادراک

هنگامی که چگالی جریان‌های محلی در نورن‌های منتهی بر پوست به اندازه کافی بزرگ باشد باعث احساس سوزش می‌شود. جریان آستانه ادراک کمترین مقدار جریانی است که فرد می‌تواند حس کند. این آستانه میان افراد مختلف متفاوت است. زمانی که فرد با دست مرطوب، سیم دارای جریان را لمس می‌کند آستانه ادراک در حدود ۰/۵ میلی آمپر در جریان متناوب است. این آستانه در جریان مستقیم (DC) ۲ تا ۱۰ میلی آمپر است و باعث گرمایش جزئی پوست می‌شود.

جریان مستقیم

جریانی که دارای دو قطب مثبت و منفی است. این جریان توسط باتری یا توسط دستگاه یکسوساز تولید می‌شود. مقاومتی که بدن انسان در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می‌دهد بسیار بیشتر از جریان متناوب است. به طوری که انسان می‌تواند تا ۸۰ میلی آمپر جریان مستقیم از بدن خود عبور دهد بدون اینکه اثر مهمی در سیستم تنفسی و قلبی ایجاد شود.

جریان متناوب

جریان متناوب جریانی است که در هر لحظه جهت و در نتیجه قطب‌های آن عوض می‌شود. در این نوع جریان در ۲۵ میلی آمپر خطر برق‌گرفتگی وجود دارد.

جریان رهایش

برای مقادیر بیشتر جریان، اعصاب و عضلات به شدت تحریک می‌شوند و باعث درد و خستگی می‌شوند، انقباض غیر ارادی عضلات یا رفلکس‌های پس‌زنی توسط فردی که جریان بیش از آستانه را تجربه می‌کند باعث صدمات فیزیکی ثانویه مانند افتادن از نردبان می‌شود. جریان رهایش به عنوان بیشترین جریانی است که در آن فرد می‌تواند به طور ارادی به حالت اولیه برگردد. کمترین آستانه برای جریان رهایش ۶ میلی آمپر است. از آنجا که جریان‌های بالاتر باعث انقباض غیر ارادی عضلات تنفسی می‌شود در صورتی که جریان قطع نشود باعث خفگی خواهد شد. در خلال آزمایشات، توقف تنفسی در جریان ۱۸-۲۲ میلی آمپر دیده می‌شود.

انقباض غیر ارادی تنفسی

انقباض غیر ارادی عضلات و تحریک اعصاب می‌تواند دردناک باشد و در صورتی که طولانی مدت شود باعث خستگی می‌شود.

فیبر یلاسیون بطنی

بخشی از جریان که از میان قفسه سینه عبور می‌کند از قلب می‌گذرد. اگر دامنه جریان برای تحریک تنها بخشی از عضلات قلب کافی باشد انتشار عادی فعالیت الکتریکی در عضلات قلب دچار وقفه شده و اگر فعالیت الکتریکی قلب به میزان کافی قطع بماند در نتیجه پمپاژ قلب از فعالیت باز ایستاده و مرگ فرا می‌رسد یا اینکه ضربان قلب در هر دقیقه به ۳۰۰ بار می‌رسد. این ریتم سریع و نامنظم قلبی به نام فیبریلاسیون بطنی شناخته می‌شود و متأسفانه با قطع جریان متوقف نمی‌شود. آستانه فیبریلاسیون بطنی برای انسانی با وزن متوسط حدود ۴۰۰-۷۵ میلی آمپر است. فعالیت ریتمیک عادی قلب تنها در صورتی باز می‌گردد که یک جریان بالا توسط دفیبریلاتور بر همه سلول‌های عضله قلب به طور همزمان اعمال شود. پس از اینکه همه سلول‌ها همراه با یکدیگر شروع به استراحت کنند معمولاً یک ریتم نرمال از سر گرفته می‌شود.

انقباض تقویت شده قلب

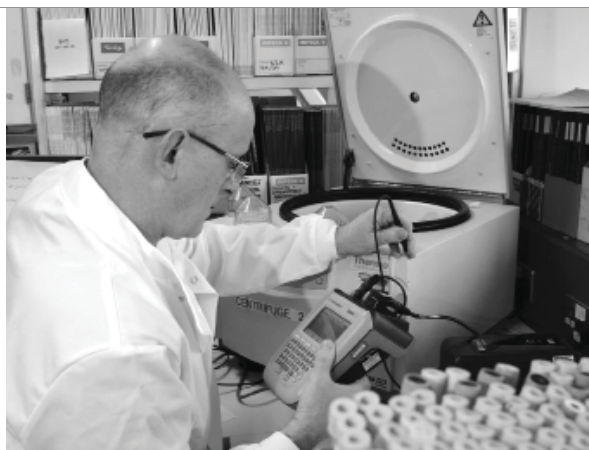
هنگامی که جریان به اندازه کافی بزرگ باشد کل عضله قلب منقبض می‌شود. اگر چه قلب درحالی که جریان اعمال می‌شود از ضربان باز می‌ایستد اما زمانی که جریان قطع شود به ریتم نرمال خود باز خواهد

عوامل مؤثر بر مقاومت پوست

- مقاومت پوست بر اختلاف پتانسیل (شدت جریان) وابسته نیست بلکه به جنس و شکل ماده بستگی دارد.
- به طور متوسط مقاومت بدن اکثر افراد بین ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ اهم است، با این حال مقدار مقاومت بدن انسان در شرایط مختلف فرق دارد.
- رطوبت پوست مقدار مقاومت بدن را کم می‌کند تا جایی که خطر برق‌گرفتگی در صورت تماس با برق بسیار شدید و کشنده خواهد بود.
- هر چه سطح تماس پوست با ناقل برق بیشتر باشد مقاومت کمتری در مدار عبور جریان ایجاد می‌شود.
- با افزایش زمان عبور جریان الکتریکی از بدن مقاومت کم می‌شود. زیرا با گذشت زمان، برق سطح پوست را که مقاومت بیشتری دارد می‌سوزاند و خاصیت عایق از بین می‌رود.
- مقاومت الکتریکی بدن انسان ثابت نیست و بر اثر عوامل فردی و شرایط محیط ممکن است به نسبت ۱ تا ۱۰۰ تغییر کند.

عوامل مؤثر در تغییر مقاومت پوست

- حالت روحی فرد (خستگی، گرسنگی، تشنگی، عصبانیت، خنده و غم) عواملی هستند که مقاومت بدن را تغییر می‌دهند.
- سطح و فشار تماس: هرچه سطح فشار و تماس بیشتر باشد، مقاومت کمتر است. بیشترین مقاومت بدن در قسمت پوست است، به طوری که مقاومت پوست‌های خشک و سالم گاهی تا چند هزار اهم می‌رسد. از آنجا که جریان برق برای عبور از بدن از پوست داخل و خارج می‌شود هرگونه اقدامی که در جهت بالابردن مقاومت محل ورود و خروج صورت گیرد خطر برق‌گرفتگی را کاهش می‌دهد. دستکش و کفش برای فردی که با تاسیسات برق در تماس است حائز اهمیت است، زیرا دستکش و کفش باعث افزایش مقاومت در برابر عبور جریان می‌شود.



گشت، دقیقاً همانند دفیبریلاسیون اطلاعات به دست آمده از آزمایشات روی حیوانات نشان می‌دهد که کمترین جریان برای انقباض کامل عضلات قلب از ۶-۱ آمپر متغیر است. هیچ آسیب غیر قابل بازگشتی برای بافت قلب در نتیجه کاربردهای این جریان شناخته نشده است (نقش الکتروشوک).

صدمات فیزیکی و سوختگی‌ها

اطلاعات کلی در مورد تاثیرات جریان‌های بیشتر از ۱۰ آمپر وجود دارد (به خصوص برای جریان‌های با مدت زمانی کم). گرمادهی مقاومتی معمولاً باعث ایجاد سوختگی روی پوست در نقاط ورودی جریان می‌شود، چرا که مقاومت پوستی بالا است. ولتاژهای بالاتر از ۲۴۰ ولت می‌توانند پوست را سوراخ کنند، مغز و بافت‌های عصبی تحریک‌پذیری خود را از دست داده و جریان‌های اضافی به انقباضات عضلانی منجر شده که باعث می‌شود اتصالات عضله از استخوان جدا شوند.

حالت‌های عبور جریان برق از بدن (برق‌گرفتگی)

- از دست به دست
- از یک دست به یک پا
- از دست راست به پاها
- از دست چپ به پاها
- از پا به پا

مسیر عبور جریان و مدت زمان در برق‌گرفتگی در پایین آوردن مقاومت بدن شخص مؤثر است. هر چه مدت عبور جریان برق از بدن بیشتر باشد مقاومت بدن کمتر می‌شود یعنی مقاومتی که بدن در مقابل عبور جریان در لحظات اول از خود نشان می‌دهد بسیار بیشتر از گذشت چند لحظه بعد است. خطرناک‌ترین حالت مسیر عبور جریان زمانی است که جریان از یک دست وارد و از دست دیگر خارج شود، زیرا در این هنگام جریان متناوب برق از قلب و ریه می‌گذرد و می‌تواند باعث از کارافتادگی و در نهایت مرگ شود.



الزامات این نوع قسمت‌های کاربردی باشند. این نوع قسمت‌های کاربردی از قسمت‌های برق‌دار داخلی دستگاه و زمین حفاظتی ایزوله شده‌اند.

نوع (Cardiac Float) CF: قسمت‌های کاربردی که در تماس با قلب بیمار هستند (تماس دائم با منطقه‌ای از سینه که قلب در آن قرار دارد یا تماس مستقیم با ماهیچه قلب و یا نسوج نزدیک به آن)، باید مطابق با الزامات این نوع قسمت‌های کاربردی باشند. این نوع قسمت کاربردی نیز از قسمت‌های برق‌دار داخلی دستگاه و زمین ایزوله شده است. **تعریف جریان نشستی:** جریانی که نقش عملکردی در دستگاه ندارد (Not Functional) در سه عنوان زیر تعریف می‌شود:

جریان نشستی زمین: جریانی که از قسمت برق اصلی و از طریق عایق‌بندی به زمین نشت می‌کند.

جریان نشستی محفظه: جریانی که از محفظه و یا قسمت‌های قابل دسترس (به جز قسمت‌های کاربردی) از مسیری به غیر از مدار محافظتی زمین به زمین نشت می‌کند.

جریان نشستی بیمار: جریانی که از اتصالات قسمت‌های کاربردی با بیمار از طریق بیمار به زمین نشت می‌کند یا جریانی که از یک منبع ولتاژ خارجی ناخواسته از طریق بیمار و قسمت کاربردی نوع F به زمین منتقل می‌شود.

جریان کمکی بیمار: جریانی که در استفاده عادی از دستگاه از طریق بیمار بین قسمت‌های کاربردی وجود دارد.

مقادیر مجاز جریان نشستی زمین و محفظه

جریان نشستی زمین: مقدار مجاز در استفاده عادی حداکثر ۵ میلی آمپر و در حالت تک اشکالی حداکثر ۱۰ میلی آمپر.

جریان نشستی محفظه: مقدار مجاز در استفاده عادی حداکثر ۱۰۰ میکرو آمپر و در حالت تک اشکالی حداکثر ۵۰۰ میکرو آمپر

میزان ایمنی حین کار

در مجاورت مخلوط‌های هوشبری قابل اشتعال

دستگاه نوع AP

دستگاه‌هایی که برای استفاده در مجاورت مخلوط‌های هوشبری قابل اشتعال به همراه هوا ایمن هستند. الزامات استاندارد باید در ساخت علامت‌گذاری و مدارک همراه این دستگاه‌ها رعایت شده باشد.

دستگاه نوع APG

دستگاه‌هایی که برای استفاده در مجاورت مخلوط‌های هوشبری قابل اشتعال به همراه اکسیژن و اکسید نیتروژن ایمن هستند. الزامات استاندارد باید در ساخت علامت‌گذاری و مدارک همراه این دستگاه‌ها رعایت شده باشد.

خطرات ناشی از الکتریسیته در محیط‌های درمانی

خطرات ماکرو شوک: جریان‌های نسبتاً زیادی که به صورت خارجی اعمال می‌شوند و کسر کوچکی از آنها از اندام‌های حساس داخلی می‌گذرد ماکرو شوک نامیده می‌شوند.

خطرات میکرو شوک: در حالتی که کاتترها یا الکترودهای درون اندامی به بدن بیمار وصل باشد عبور جریان‌های خیلی کوچک نیز می‌تواند باعث برق‌گرفتگی شود. این جریان‌ها عمدتاً جریان‌های نشستی هستند و منشأ آن‌ها هم غالباً کوپلاژ خازنی ناخواسته بین قسمت‌های مختلف دستگاه است.

طبقه‌بندی دستگاه‌ها از نظر حفاظت در برابر برق گرفتگی

تعریف قسمت با ولتاژ پایین ایمن: قسمت‌هایی که ولتاژ آن‌ها کمتر از ۶۰ ولت مستقیم (DC) یا ۲۵ ولت متناوب (AC) باشند قسمت‌های با ولتاژ پایین ایمن (SELV) محسوب می‌شوند.

دستگاه‌های با منبع تغذیه داخلی

طبقه I: در این دستگاه‌ها قسمت‌های هادی در دسترسی که تنها با عایق اصلی از قسمت‌های برق‌دار جدا شده‌اند باید زمین شوند.

طبقه II: در این دستگاه‌ها ایمنی تک‌میلی متکی بر سیم زمین نیست و از طریق عایق‌بندی مضاعف یا تقویت‌شده تأمین می‌شود. در دستگاه‌های طبقه II محفظه عایق تحت شرایطی می‌تواند به‌عنوان عایق تک‌میلی محسوب شود.

طبقه‌بندی قسمت‌های کاربردی از نظر حفاظت در برابر برق‌گرفتگی تعریف قسمت کاربردی: قسمت‌هایی از دستگاه را که در تماس با بدن بیمار هستند قسمت‌های کاربردی (Applied Parts) می‌گویند.

قسمت‌های کاربردی دستگاه‌ها از لحاظ محافظت در برابر برق‌گرفتگی (میکرو شوک) به ۳ گروه نوع B، نوع BF و نوع CF تقسیم می‌شوند.







نوع B (Body): معمولاً قسمت‌های کاربردی که در تماس دائم با بدن بیمار نیستند باید مطابق الزامات این نوع قسمت‌های کاربردی باشند.

نوع BF (Body Float): معمولاً قسمت‌های کاربردی که در تماس دائم با بدن بیمار هستند باید مطابق

ردیف	نماد	مرجع	عنوان
13		IEC 60417-8010	روشن - خاموش (فشاری دو مرحله ای)
14		IEC 60417-8011	روشن - خاموش (فشاری)
15		IEC 60417-8084	روشن (تنها برای بخشی از دستگاه)
16		IEC 60417-8086	خاموش (تنها برای بخشی از دستگاه)
17		IEC 60417-8028	توقف اضطراری
18		IEC 60417-8040	دستگاه نوع B

ردیف	نماد	مرجع	عنوان
1		IEC 60417-8002	جریان متناوب
2		IEC 60417-8020-1	جریان متناوب سه فاز
3		IEC 60417-8020-2	جریان متناوب سه فاز با سیم نول
4		IEC 60417-8021	جریان مستقیم
5		IEC 60417-8023	مجموع جریان متناوب و مستقیم
6		IEC 60417-8018	زمین حفاظتی

ردیف	نماد	مرجع	عنوان
19		IEC 60417-8030	دستگاه نوع BF
20		IEC 60417-8035	دستگاه نوع CF
21		IEC 60417-8031	دستگاه نوع AP
22		IEC 60417-8032	دستگاه نوع APG
23		IEC 60417-8036	ولتاژ خطرناک
24		IEC 60417-8041	دستگاه نوع B مقوم در برابر شوک الکتریکی

ردیف	نماد	مرجع	عنوان
7		IEC 60417-8017	زمین کارکردی
8		IEC 60417-8021	هم پتانسیلی
9		IEC 60417-8112	دستگاه طبقه II
10		ISO 7090-0434	توجه ! مدارک همراه را ببینید
11		IEC 60417-8007	خاموش
12		IEC 60417-8008	روشن

خروجی طراحی

روند یا مشخصات خروجی طراحی باید از پیش تعیین شود یا از مدارک معتبری ارجاع داده شده باشد مانند انواع تست‌های مورد نیاز. برخی از خروجی‌ها برای طراحی تجهیزات پزشکی شامل موارد زیر است:
خود وسیله، دفترچه راهنمای استفاده، مشخصات فنی، تحلیل ریسک، نتایج مطالعات (مانند اعتبارسنجی و مطالعات همخوانی زیستی، آزمون انبار و حمل و نقل)، فایل‌ها و نقشه‌های فنی

بازبینی طراحی

طراحی باید در همان مراحل اولیه به صورت کلی تأیید یا رد شود و پس از آن معایب و نواقص موجود مشخص شده و در یک مرحله جدید از توسعه بررسی و برطرف شود. دو نمونه رایج از بازبینی‌های طراحی، تحلیل خطر و تحلیل حالت خطا و اثر آن هستند.

تأییدیه طراحی

طراحی تجهیزات پزشکی توسط آزمون‌ها و مستندات موجود تأیید می‌شود و مشخص می‌شود که خروجی‌ها، اهداف مشخص شده برای استفاده را پوشش می‌دهد یا خیر. تأییدیه درست از یک بازبینی موفق به دست خواهد آمد.

تغییرات طراحی

اطمینان حاصل کنید که تمامی تغییرات، قبل از اجرای نهایی، مشخص، مستند، اعتبارسنجی، تأیید، بازبینی شده‌اند.

انتقال طراحی

اطمینان حاصل کنید که طراحی تجهیزات پزشکی قابلیت انتقال و ترجمه شدن به مشخصات فنی محصول را دارا باشد. این امر کیفیت و درستی انتقال طرح از مرحله طراحی به مرحله تولید را ضمانت می‌کند.

فایل تاریخچه طراحی

فایل‌های تاریخچه طراحی شامل تمامی مستندات می‌شود که در طول فرآیند طراحی ساخته شده و روند توسعه محصول طراحی شده را در رابطه با فرآیند کنترل شده طراحی نشان می‌دهد.

خطرات اتاق عمل

در اتاق عمل دو خطر الکتریکی مهم وجود دارد. اولین خطر انفجار گازهای بیهوشی است که با جرقه الکتریکی می‌تواند آغاز شود. خطر دوم از اتصال مریض به دستگاه و در واقع کیفیت اتصال بیمار به الکترودهای بازگشتی از واحد الکتروسرجری ناشی می‌شود. بیمار در حین عمل جراحی از دو ناحیه به ژنراتور واحد الکتروسرجیکال متصل می‌شود. در اولین نقطه، جریان از طریق سطح کوچک الکتروود به بدن بیمار وارد می‌شود. در نقطه دوم جریان از طریق الکترودهای با سطح مقطع

ردیف	نماد	مرجع	عنوان
1		IEC 60417-0002	جریان متناوب
2		IEC 60417-0003-1	جریان متناوب سه فاز
3		IEC 60417-0003-2	جریان متناوب سه فاز با سیم نول
4		IEC 60417-0001	جریان مستقیم
5		IEC 60417-0003	مجموع جریان متناوب و مستقیم
6		IEC 60417-0018	زمین حفاظتی

طراحی تجهیزات پزشکی

تجهیزات پزشکی نقش بسیار مهمی را در تشخیص، پیش‌گیری، مانیتورینگ و درمان بیماری‌ها ایفا می‌کنند. برخلاف داروها یا زیست‌ساخته‌ها، یک وسیله پزشکی می‌تواند از یک وسیله ساده و بدون ریسک برای استفاده مانند یک مسواک، تا یک وسیله تخصصی برای استفاده یک عمر متغیر باشد. تکنولوژی و طراحی می‌تواند بر اساس هر یک از قابلیت‌های مکانیکی، الکترونیکی، نرم‌افزاری یا شیمیایی برای انجام یک مأموریت مشخص عمل کند. بعد از اینکه طرح یک وسیله جدید پزشکی در مرحله طرح مساله تعریف شد، مرحله بعدی در توسعه آن، مرحله طراحی خواهد بود. مرحله طراحی مهم‌ترین مرحله در توسعه تجهیزات پزشکی است به دلیل اینکه خطا در این مرحله می‌تواند عملکرد دستگاه را بی اثر یا حتی استفاده از آن را خطرناک کند. در مرحله طراحی، یک فرآیند کنترلی طراحی باید در قالب ملزومات کیفیت سیستم تعریف و اجرا شود. در حقیقت، کنترل طراحی یک مرحله منطقی و ساده است که موجب حصول اطمینان از توسعه محصولی می‌شود که قرار بوده طراحی شود و نیازها و انتظارات مشتری را برآورده خواهد کرد.

ورودی طراحی

بازده استفاده، ایمنی، اقتصاد کسب و کار، خروجی مدیریت ریسک و ملزومات قانونی به عنوان موارد اساسی طراحی تجهیزات پزشکی باید مشخص باشند تا هدف و قصد استفاده کاملاً شفاف شود. ورودی‌ها از طرق مختلف قابل دستیابی هستند مانند بررسی کلینک‌ها، مریض‌ها و پرستاران.

بزرگ از بدن بیمار خارج می‌شود. نقطه دوم، سرد است و شدت جریان پایینی در این نقطه وجود دارد. بیمار توسط یک سطح تماسی بزرگ (صفحه فلزی با مقاومت کم) در سیم‌های بازگشتی به واحد الکتروسرجیکال حفاظت می‌شود. تماس‌های رسانا، نواحی کوچکی هستند که می‌توانند در صفحه فلزی (Plate) تولید آتش‌سوزی کنند. زمین‌شدن اتفاقی بیمار در نقاط دیگر نیز می‌تواند تولید آتش‌سوزی کند. اگر چه بیشتر گازهای بیهوشی که در اتاق عمل استفاده می‌شود، کاملاً پایدار هستند، اما باید از شارژ الکتریکی و انفجار گازها جلوگیری شود. برای جلوگیری از این خطرات، تمام پرسنل و تمام تجهیزات در داخل اتاق عمل باید به زمین متصل شوند. کف اتاق عمل، رسانای الکتریکی است و به زمین متصل شده است. تمام تجهیزات اتاق عمل باید مسیر رسانایی به کف اتاق عمل داشته باشند. تمام پرسنل باید کفش‌هایی بپوشند که نوار رسانایی در تماس با پاهایشان داشته باشد. گان‌ها و کتان‌های جراحی بایستی از پارچه‌های رسانا باشند. این احتیاط‌ها، از شارژ شدن ناشی از تراکم و جمع‌شدن جلوگیری می‌کند و همچنین احتمال دشارژ الکتریکی را کمتر می‌کنند. پرزهای الکتریکی در اتاق عمل از سطح زمین بالاتر هستند. چرا که گازهای بیهوشی سنگین‌تر از هوا هستند و این کار از تراکم گازها در نزدیکی پرزهای الکتریکی جلوگیری می‌کند و به دلیل آن که در واحد الکتروسرجیکال ولتاژهای الکتریکی بزرگی ایجاد می‌شود، با بالا نگه داشتن پرزهای الکتریکی از سطح زمین، از انفجار گازهای بیهوشی جلوگیری می‌شود. پرستاران و کارکنان اتاق عمل باید با آگاه بودن از موقعیت‌هایی که می‌تواند تولید خطر کند و بازرسی‌های مرتب تجهیزات، حفاظت الکتریکی را بالاتر برند. این کار می‌تواند با کنترل‌کردن تمام سیم‌ها و پرزها و اتصالات زمین انجام شود. پلاریته و پیوستگی اتصال زمین پرزهای الکتریکی می‌تواند با استفاده آنالیزورهای مختلف بررسی شود. جریان‌های ناشی نیز می‌تواند با Leakage meter اندازه‌گیری شود. این کار با اتصال دو پروب Leakage meter به دستگاه و نقطه زمین انجام می‌شود. اندازه‌گیری، مقدار جریان ناشی را که می‌تواند وارد بدن شود نشان می‌دهد.

الکتروفیزیولوژی

الکتروفیزیولوژی تأثیرات جریان الکتریکی بر روی بدن انسان را مطالعه می‌کند. واردشدن جریان الکتریکی به بدن می‌تواند سبب انقباضات ماهیچه‌ای، سوختگی الکتریکی و سوختگی شیمیایی شود. هر کدام از این موارد در سطح آستانه متفاوتی رخ می‌دهد. گیرنده‌های شوک بسته به این که پوست سالم یا خیس یا مجروح باشد، تقسیم‌بندی می‌شوند. مقاومت پوست اندازه‌گیری شده از یک دست تا دست دیگر تقریباً ۱۰۰ کیلو اهم است. سطح بالای مقاومت فلوی جریان از ۱۲۰ ولت و جریان ۲-۱ میلی آمپر را محدود می‌کند.

هنگامی که پوست خیس باشد یا سطح آن خراشیده و آسیب‌دیده باشد، مقاومت پوست در حدود ۱ کیلو اهم کاهش پیدا می‌کند و جریان به ارگان‌های داخلی مخصوصاً قلب دسترسی مستقیم پیدا می‌کند. هنگامی که پوست سالم است جریان در حدود ۱ مگا آمپر لازم است تا توسط بدن حس شود. این مقدار جریان آستانه جریان سنس شده توسط بدن است. فلوی جریان بزرگ‌تر از ۱ مگا آمپر، ماکرو شوک شناخته می‌شود. این سطح از جریان می‌تواند نتیجه خطرات تجهیزات بیمارستانی یا دیگر تجهیزات خارج بیمارستان باشد، مانند فرسایش سیم چراغ مطالعه، سیم کشی نادرست سیستم تهویه هوا، خرابی ششوار و غیره.

آستانه جریان حس شده در بدن انسان ۱ مگا آمپر است. آستانه جریانی که می‌تواند به بدن ضرر برساند ۱۰ مگا آمپر است. جریان بالاتر از ۱۰ مگا آمپر، سبب فلج‌شدن و رعشه ماهیچه می‌شود و می‌تواند سبب فریز شود یا مانع از آن شود که فرد شیء الکتریکی مورد نظر را رها کند و باعث ایجاد شوک الکتریکی می‌شود. هر چه سطح جریان بالاتر می‌رود، فلج و رعشه (Paralysis) به شش‌ها و قلب کشیده می‌شود و باعث ایجاد تداخل در تنفس و آریتمی‌های قلبی می‌شود و حتی می‌تواند سبب از کار انداختن قلب شود.

در جریان‌های بالاتر از ۱۰۰ مگا آمپر، سوختگی شدید بافت‌ها می‌تواند رخ دهد. در سطوح پایین جریان برای مدت زمان زیاد می‌تواند اثرات مشابه با سطوح بالای جریان داشته باشد. اغلب پوست بدن بیمار به دلیل واردکردن سوزن یا کاتتر دارای خراش است. در این حالت جریان الکتریکی می‌تواند به راحتی به قلب راه یابد و مقدار خیلی کم جریان می‌تواند بر روی ریتم قلبی تأثیر گذارد. جریان‌های به کوچکی ۱۸۰ میکروآمپر می‌تواند سبب فیبریلاسیون قلبی در بیماران آسیب‌پذیر شود. تفاوت مهم بین میکرو شوک و ماکرو شوک در تفاوت‌های وسیع آستانه جریان است (یک میلی آمپر برای ماکرو شوک و ۱۰ میکروآمپر برای میکرو شوک) بیمارانی که در سطوح پایین جریان دچار آسیب می‌شوند، بیماران حساس به جریان الکتریکی هستند. تفاوت دیگر میکرو شوک و ماکرو شوک در تغییرات بزرگ مقاومت الکتریکی بدن است. افراد با پوست سالم (آن‌ها که در معرض ماکرو شوک هستند) دارای مقاومت ۱۰۰ کیلو اهم هستند و افراد با پوست زخمی یا خیس (بخش‌هایی که در معرض خطر میکرو شوک هستند) دارای مقاومت ۱ کیلو اهم هستند.

خطرات الکتریکی در بیمارستان‌ها

حفاظت الکتریکی در بیمارستان‌ها بسیار مهم است چرا که ممکن است بیمار تحت یک پروسه درمانی قرار گیرد که باعث کاهش مقاومت بدن شود. همچنین ممکن است بیمار بیهوش باشد یا قادر نباشد که به‌طور نرمال به جریان الکتریکی پاسخ دهد. به‌علاوه محلول‌های رسانای الکتریکی، نظیر محلول نمک در اطراف بیمار حضور دارد و ممکن است بر روی تجهیزات الکتریکی چکیده یا ریخته شوند.

جریان الکتریکی

آسیب‌هایی که از جریان‌های الکتریکی ایجاد می‌شود به دامنه جریان الکتریکی، مسیر ورود جریان وارد بدن و همچنین مدت زمان وارد شدن جریان الکتریکی به بدن بستگی دارد. ماهیت جریان الکتریکی شناور درون یک مدار با شناور شدن خون در سیستم گردش خون انسان شباهت دارد. در این تشابه منبع انرژی با قلب نشان داده می‌شود و فلوی خون شناور درون شریان‌ها و سیاهرگ‌ها با جریان الکتریکی شناور در رساناها و دیگر اجزای مدار الکتریکی شباهت دارد. به کاربردن پتانسیل الکتریکی به یک مدار الکتریکی از طریق مسیرهای رسانا تولید جریان می‌کند. این مسئله با تغییرات فشار خون شباهت دارد که به سبب انقباض ماهیچه قلب رخ می‌دهد. برای آن که جریان الکتریکی در گردش باشد باید مسیر پیوسته‌ای بین منبع پتانسیل و اجزاء مدار وجود داشته باشد.

جریان نشتی

سیستم‌ها و اجزاء الکتریکی درون پوشش‌های عایقی قرار گرفته‌اند، اگر عایق‌بندی خراب شود جریان می‌تواند نشت کند و به سمت زمین روانه شود که این مسیر ممکن است از طریق بدن بیمار یا اپراتور ایجاد می‌شود.

طبقه‌بندی تجهیزات

چندین روش برای حفاظت اپراتور و بیمار از جریان‌های نشتی و آسیب‌های الکتریکی وجود دارد.

کلاس ۱

تجهیزات کلاس یک از ۳ کابل اصلی تشکیل شده‌اند که یکی از آن‌ها کابل زمین (یا سیم زمین) است. بخش‌های خارجی فلزی تجهیزات کلاس ۱ به این سیم زمین متصل شده‌اند، از این رو اگر در داخل دستگاه خطایی رخ دهد و به بدنه دستگاه برسد، سیم زمین، جریان Fault خطا زمین متصل می‌کند. کنترل کردن مرتب دستگاه، موجب می‌شود نسبت به سالم بودن کانتورها و اتصال به زمین اطمینان حاصل شود.

کلاس ۲

این تجهیزات با دو مربع تو در تو، با مفهوم دوبل ایزولاسیون نمایش داده می‌شود. در این کلاس نیازی به اتصالات زمین وجود ندارد. تجهیزات کلاس ۲ با دو پین اصلی تجهیز می‌شوند. خطا الکتریکی که داخل تجهیزات رخ می‌دهد، آنقدر ضعیف است که نمیتواند خطرناک باشد، چرا که عایق‌بندی دوبل از بخش‌های خارجی محافظت می‌کند.

کلاس ۳

برخی از تجهیزات پزشکی درون بیمارستان با نشان دیفیبریلاتور (Defibrillator-Proof) طبقه‌بندی می‌شوند. زمانی که دیفیبریلاتور بر روی بدن بیمار در حال دشارژ شدن است (در حال استفاده است) دارای نشان دیفیبریلاتور است. تجهیزات با این علامت

و نشان در هنگام استفاده نمی‌توانند به بیمار آسیب برسانند. تجهیزات با نشان دیفیبریلاتور می‌توانند در طول دیفیبریلاسیون به مریض متصل باشند.

وسایل محافظتی

بیشتر نواحی مراقبتی بیمارستان‌ها از وسایل محافظتی پر شده است. این دستگاه‌ها به‌طور مرتب با توجه به استانداردهای تدوین شده تست می‌شوند. سطح حفاظت تعیین شده دستگاه بستگی به نوع تجهیزات متصل به آن و محل قرارگیری آن دارد.

سوئیچ‌های محافظتی

سوئیچ‌های محافظتی (Residual Current Devices- RCD) در بخش‌های درمانی برای مشاهده و محافظت منبع اصلی الکتریکی دستگاه به‌کار می‌رود. RCD جریان‌های نشتی تجهیزات را اندازه‌گیری می‌کنند. اگر جریان نشتی مهمی در دستگاه رخ دهد، RCD جریان نشتی را ثبت می‌کند و منبع پاور تجهیزات را در مدت ۴۰ میلی ثانیه قطع می‌کند. RCD بیمارستانی بسیار حساس تر از RCD است که در منازل استفاده می‌شود. RCD بیمارستانی جریان نشتی به اندازه ۱۰ میلی آمپر را حس می‌کنند. خروجی منبع الکتریکی متصل به RCD لامپی دارد که هنگامی که جریان نشتی افزایش پیدا می‌کند، روشن می‌شود.

تابلوهای ترانس ایزوله بیمارستان

از سال ۱۹۷۲ طبق استانداردهای VDE, IEC کاربرد سیستم جدیدی به نام سیستم ایزولاسیون الکتریکی در بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و مراکز درمانی توصیه شد. این سیستم به‌طور کامل از وارد آمدن شوک الکتریکی جلوگیری می‌کند و هم اکنون از تجهیزات ضروری بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها به‌شمار می‌آید.

منابع

[1] <http://mahakfeb.com>

[2] <http://bmecenter.ir>

[3] <http://ekas.ir>

[4] <https://azmoontop.com>

[5] Medical electrical equipment, Part 1: General requirements for safety and essential performance 2005-12 Third edition.

[6] Medical electrical equipment, Part 1: General requirements for safety IEC 60601-1:1988

AS/NZS 2500:2004 Guide to the safe use of electricity in patient care.

[۷] نشریه ایمنی الکتریکی، گروه مدیریت تجهیزات پزشکی شرکت پخش فرآورده‌های پزشکی ایران.