



والسكاه صنعتی سهند

تأثيرات الكتریسته بر بدن

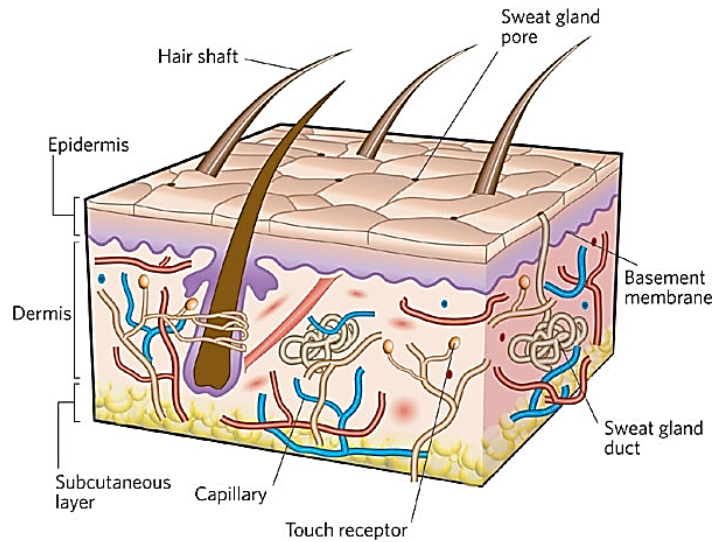
دکتر شامخی

بهار ۱۳۹۷

## مقدمه

- پیچیدگی در حال افزایش ابزارهای پزشکی و کاربردهای آنها در بیشتر مراحل، همه ساله منجر به حدود ۱۰۰۰۰ صدمهٔ مربوط به این ابزار در ایالات متحده می‌شود.
- این صدمات ناشی از عواملی همچون کاربرد نامناسب یک وسیله، آموزش ناکافی و فقدان تجربه است.
- بیماران در محیط‌های پزشکی نسبت به محل کار یا خانه‌شان بیشتر در معرض خطرات قرار دارند:
  - در محیط‌های پزشکی، پوست و غشاء مخاطی، نفوذ پذیر یا به‌طور کامل جایگزین شده‌اند.
  - وجود بسیاری از منابع بالقوهٔ خطر ساز و اشکال مختلف انرژی شامل: آب، آتش، مواد شیمیایی، جانوران موزی و... مزید بر علت می‌باشند.

# مقاومت پوستی و بدنی



❑ متغیر با میزان آب و چربی موجود در پوست

❑ اکثر مقاومت در لایه شاخی پوست

❑ مقاومت برای پوست خشک و تمیز از  $15K\Omega$  تا تقریباً  $1M\Omega$

❑ مقاومت برای پوست مرطوب یا مجروح تا ۱٪ مقاومت پوست خشک کاهش می‌یابد.

❑ مقاومت داخلی بدن در حدود  $200\Omega$  برای هر عضو و در حدود  $100\Omega$  برای تنه

❖ نمونه هایی از روش‌های پزشکی برای کاهش مقاومت:

➤ ژل الکترودهای پتانسیل حیاتی

➤ ترمومتری‌های الکترونیکی کار گذاشته شده در دهان یا روده بزرگ

# آثار فیزیولوژیکی الکتریسیته

تأثیرات فیزیولوژیکی حسی-حرکتی که در انسان‌ها با افزایش دامنهٔ جریان رخ می‌دهند عبارتند از:

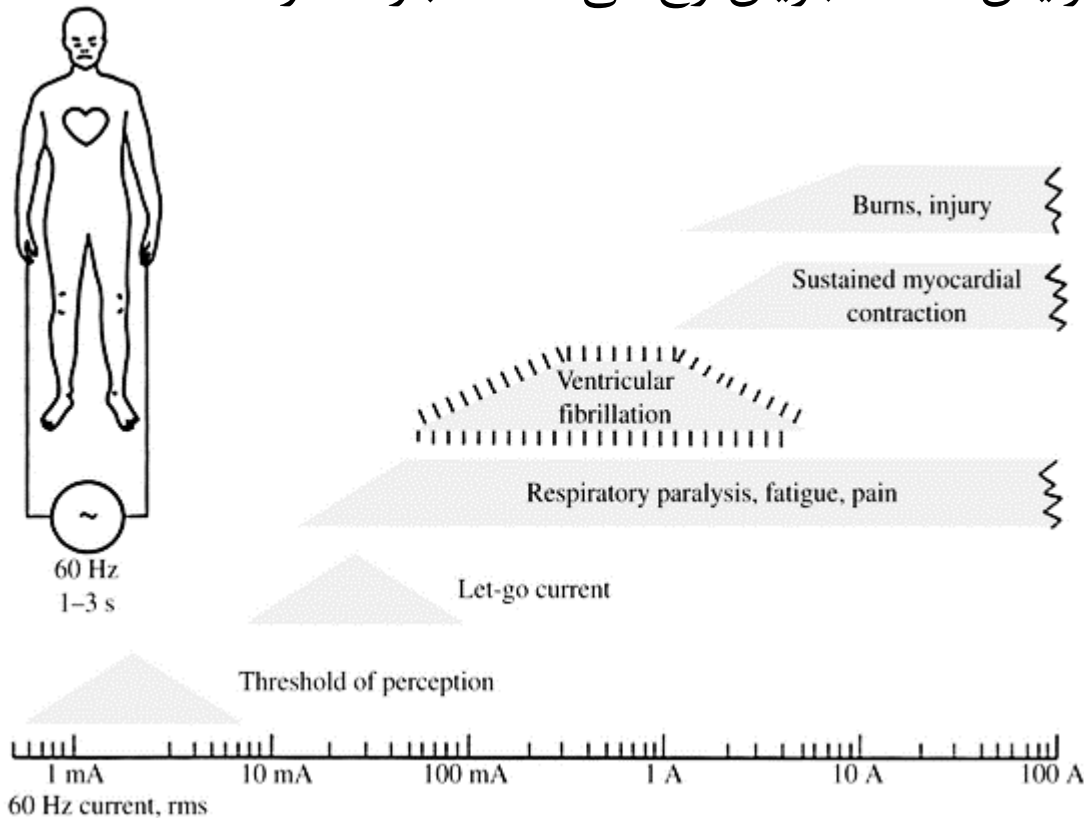
➤ آستانهٔ ادراک

➤ لرزهٔ تنفسی، درد و خستگی

➤ فیبریلاسیون بطنی

➤ انقباض تقویت‌شدهٔ عضلهٔ قلبی

➤ صدمات فیزیکی و سوختگی‌ها



اثرات فیزیولوژیک الکتریسیته - حد آستانه یا تخمین مقدار متوسط جریان برای اثرات مختلف ناشی از عبور جریان 60 Hz که طی ۱ تا ۳ ثانیه از دو دست یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، توسط سیم مسی، جریان پیدا کرده است.

## آستانه ادراک

- جریان در آستانه ادراک، کمترین مقدار جریانی است که فرد می تواند حس کند.
- باعث احساس سوزش می شود.
- در صورت لمس با دستان مرطوب، آستانه ادراک حدود ۰/۵ میلی آمپر در جریان ۶۰ Hz می باشد.
- آستانه احساس برای پوست سالم ۱ میلی آمپر است.
- آستانه برای جریان های dc حدود ۲ تا ۱۰ میلی آمپر می باشد.
- سبب گرمایش جزئی پوست می شود.

## لرزه تنفسی، درد و خستگی

□ انقباض غیر ارادی ماهیچه‌های تنفسی (این انقباضات شدید دردناک بوده و در طولانی مدت باعث خستگی می‌شوند).

□ در صورت عدم قطع جریان باعث خفگی خواهد شد (در جریان های ۱۸ تا ۲۲ میلی آمپر).

## فیبریلاسیون بطنی

□ اگر دامنه جریان برای تحریک تنها بخشی از ماهیچه قلب کافی باشد، انتشار عادی فعالیت الکتریکی در ماهیچه قلب دچار وقفه گردیده و اگر فعالیت الکتریکی قلب به میزان کافی قطع بماند، ضربان قلب در هر دقیقه (به خاطر عبور تصادفی موج پیش رونده دیپلاریزاسیون در طول بطن) به ۳۰۰ بار می‌رسد. در نتیجه، پمپاژ قلب از فعالیت باز ایستاده و مرگ فرا می‌رسد. این ریتم سریع و نامنظم قلبی به نام فیبریلاسیون بطنی شناخته می‌شود.

## فیبریلاسیون بطنی

❑ با قطع جریان متوقف نمی‌شود.

❑ دلیل اصلی مرگ ناشی از شوک الکتریکی است. (شوک الکتریکی موجب درد، جراحی یا مرگ می‌شود)

❑ مقدار جریان گذرنده از بدن شدت شوک را تعیین می‌کند که این جریان به امپدانسهای بدن و سطوح تماس بستگی دارد.

❑ ریز شوک‌ها، جریان‌های زیر آستانه حس‌اند که اگر از قلب بگذرند باعث فیبریلاسیون بطنی می‌شوند.

❑ ریز شوک‌ها در واحد مراقبتهای قلبی و آزمایشگاه‌های سونداژ می‌توانند خطرناک باشند.

❑ فعالیت ریتمیک و عادی تنها در صورتی باز می‌گردد که یک جریان بالا توسط دفیبریلاتور به همه سلول‌های ماهیچه قلب به طور همزمان اعمال شود.





## انقباضات تقویت شده عضله قلبی

- کل ماهیچه قلب منقبض می شود.
- قلب از ضربان باز می ایستد و با قطع جریان به ریتم نرمال خود باز می گردد.
- کمترین جریان برای انقباض کامل عضلات قلب از ۱ تا ۶ آمپر متغیر می باشد.

## صدمات فیزیکی و سوختگی ها

- گرمادهی مقاومتی، باعث ایجاد سوختگی روی پوست شده در ولتاژهای بزرگتر از ۲۴۰V پوست را سوراخ می کند.
- مغز و بافت های عصبی، تحریک پذیری کاری خود را از دست می دهند.
- انقباضات ماهیچه ای، اتصالات ماهیچه ای را از استخوان جدا می کند.

## صدمات فیزیکی و سوختگی ها

جدول ۵-۱ اثر عبور جریانهای ۶۰ هرتز ac از بدن انسانهای بالغ

کمتر از ۱ میلی آمپر	ریز شوک: نامحسوس در هنگام اعمال از خارج؛ جریان کمی به میزان ۸۰ میکروآمپر اعمال شده از طریق ماهیچه قلب ممکن است انقباض لرزش دار بطنی ایجاد کند.
۱ میلی آمپر	آستانه حس
۵ میلی آمپر	حداکثر چگالی جریان بدون زیان
۱۰ میلی آمپر	جریان قابل اغماض: اگر از دست یا بازو بگذرد ممکن است سبب انقباض غیرعادی ماهیچه های تاکننده و ناتوانی در باز کردن مشت شود.
۱۰۰-۳۰۰ میلی آمپر	سبب فیبریلاسیون بطنی، عدم همزمانی فعالیت در بطنهای قلب و توقف عمل تلمبه زدن می شود.
۵ آمپر	سبب سوختن بافتها می شود.

## پارامتر های مهم حساسیت

برخی از عواملی که می‌توانند در حساسیت بیمار تاثیر بگذارند عبارت اند از:

➤ ولتاژ

➤ فرکانس: فرکانس  $60\text{ Hz}$  برای ایجاد انقباضات لرزش دار بطنی فرکانس بهینه است که با افزایش یا کاهش آن برای ایجاد فیبریلاسیون به جریان بیشتری نیاز است.

➤ مسیر عبور جریان از بدن: اگر مسیر جریان از سینه نگذرد فیبریلاسیون نامحتمل است.

➤ مقاومت الکتریکی بدن: در بیماران اغلب مقاومت پوست با تمیز کردن و ضد عفونی کردن آن به منظور ایجاد تماس خوبی برای الکترودهای پوستی کاهش داده می‌شود.

## پارامترهای مهم حساسیت

➤ وقوع در چرخه قلبی: یک پالس الکتریکی در صورتی که در خلال دوره آسیب پذیری قلب (زمان ریپولاریزاسیون)

که متناظر با موج T در ECG می باشد اعمال گردد، می تواند فیبریلاسیون بطنی به وجود آورد.

➤ طول مدت اعمال جریان

ارتباط متقابل زمان و جریان در معادله دالزیل و لی که جریان پیش بینی شده برای دچار فیبریلاسیون کردن نیم

$$I = \frac{116mA}{\sqrt{t}}$$

درصد از افراد بالغ را تعیین می کند:

شوکها باید به اندازه کافی طول بکشند تا در خلال دوره آسیب پذیری که در طی موج T در هر سیکل قلبی رخ

می دهد، واقع شوند.

## پارامترهای مهم حساسیت

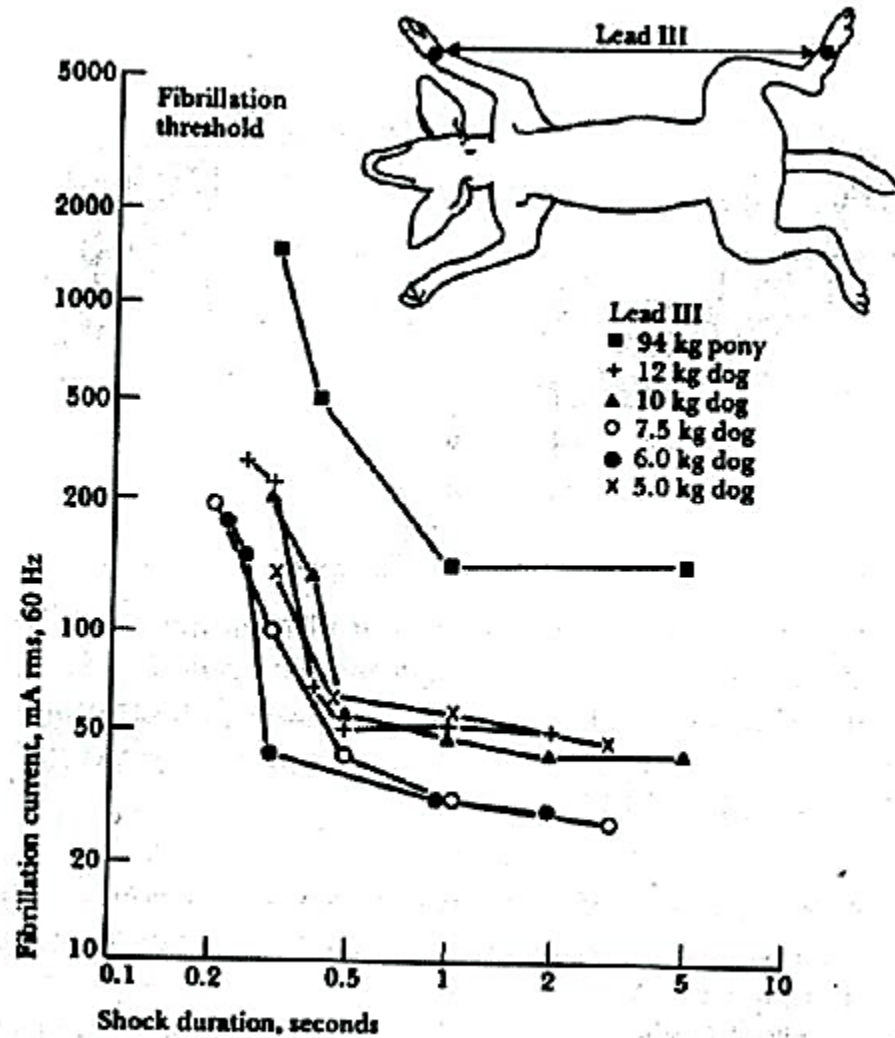
t طول پالس،  $I_t$  جریان rheobase ثابت و  $\tau$  زمان chronaxie ثابت برای تحریک مصنوعی است.

$$I_t = I_y \left(1 + \frac{\tau}{t}\right)$$

➤ عوامل روانی و بالینی از جمله : وزن بدن،

زخم‌ها، التهاب ماهیچه قلب، رطوبت

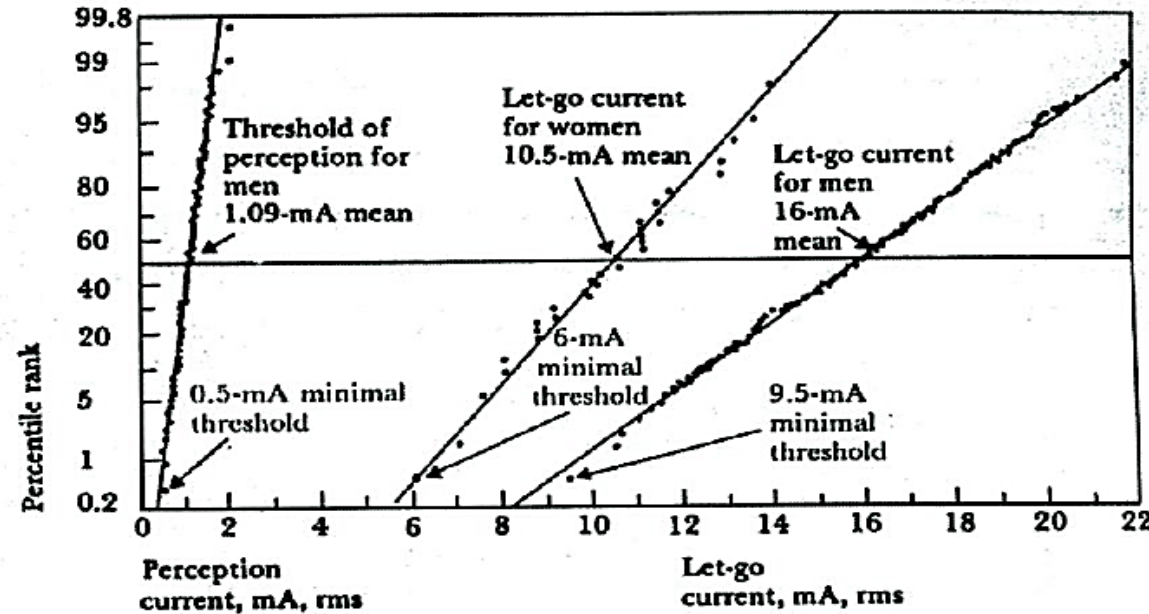
پوست، کمبود اکسیژن...



شکل ۴-۱۴ آستانه فیبریلاسیون بطنی برای حیوانات در فرکانس ۶۰Hz و با وزن‌های مختلف.

## تغییرات جریان آستانه و رهایش

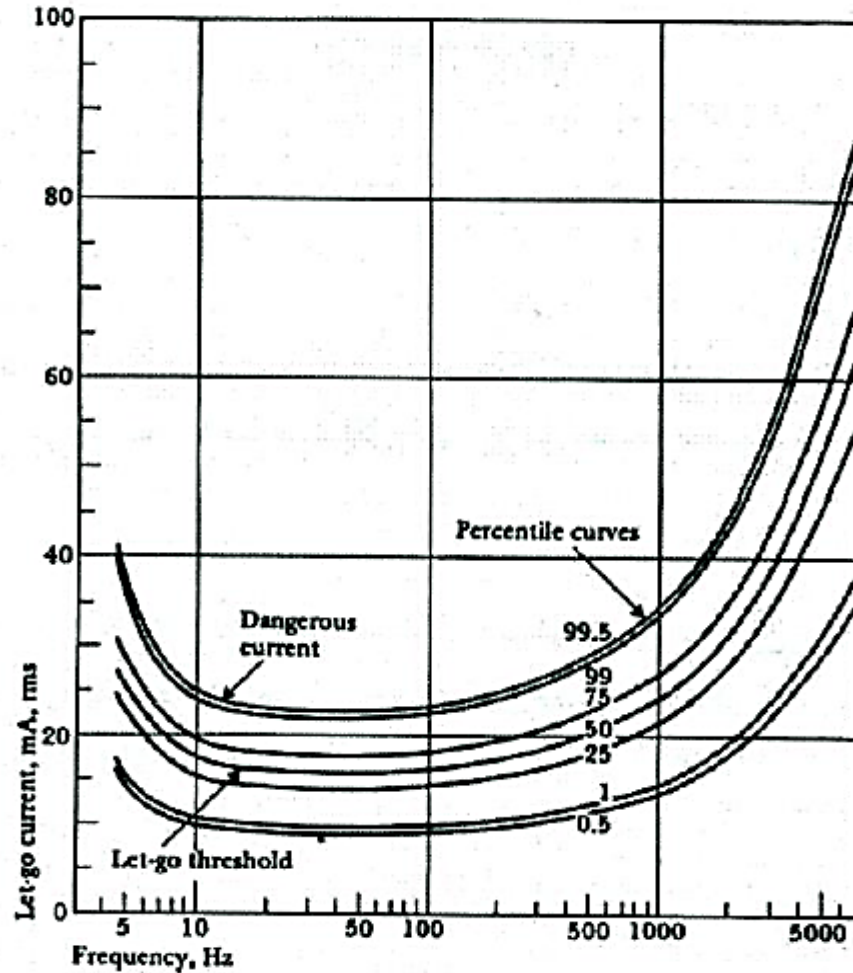
نکته : متوسط آستانه ادراک در مردان ۱.۱ میلی آمپر و در زنان میانگین تخمینی ۰/۷ میلی آمپر است. کمترین آستانه ادراک ۰/۵ میلی آمپر می باشد.



شکل ۲-۱۴ توزیع آستانه‌ها و جریان‌های رهایش<sup>۱</sup> - جریان‌های رهایش همچنین با دنبال کردن توزیع گوسی به صورت جریان‌های متوسط ۱۶mA برای مردان و ۱۰/۵mA برای زنان ظاهر می‌شوند. کمترین آستانه جریان رهایش ۹/۵mA برای مردان و ۶mA برای زنان می‌باشد. توجه داشته باشید که حدود تغییرات برای جریان رهایش بسیار بزرگتر از این حدود برای آستانه ادراک جریان است.

## فرکانس

کمترین جریان رهائش در فرکانس‌های ۵۰ الی ۶۰ HZ می‌باشد و برای فرکانس‌های کمتر از ۱۰ HZ و بالاتر از چند صد HZ افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۱۴ جریان رهائش بر حسب فرکانس - درصدها نشانگر تغییرات در بین افراد مختلف است. در زنان جریان رهائش حدود دو سوم مردان می‌باشد.