مقدمه ای بر مهندسی پزشکی زیستی

(بخش ۳)

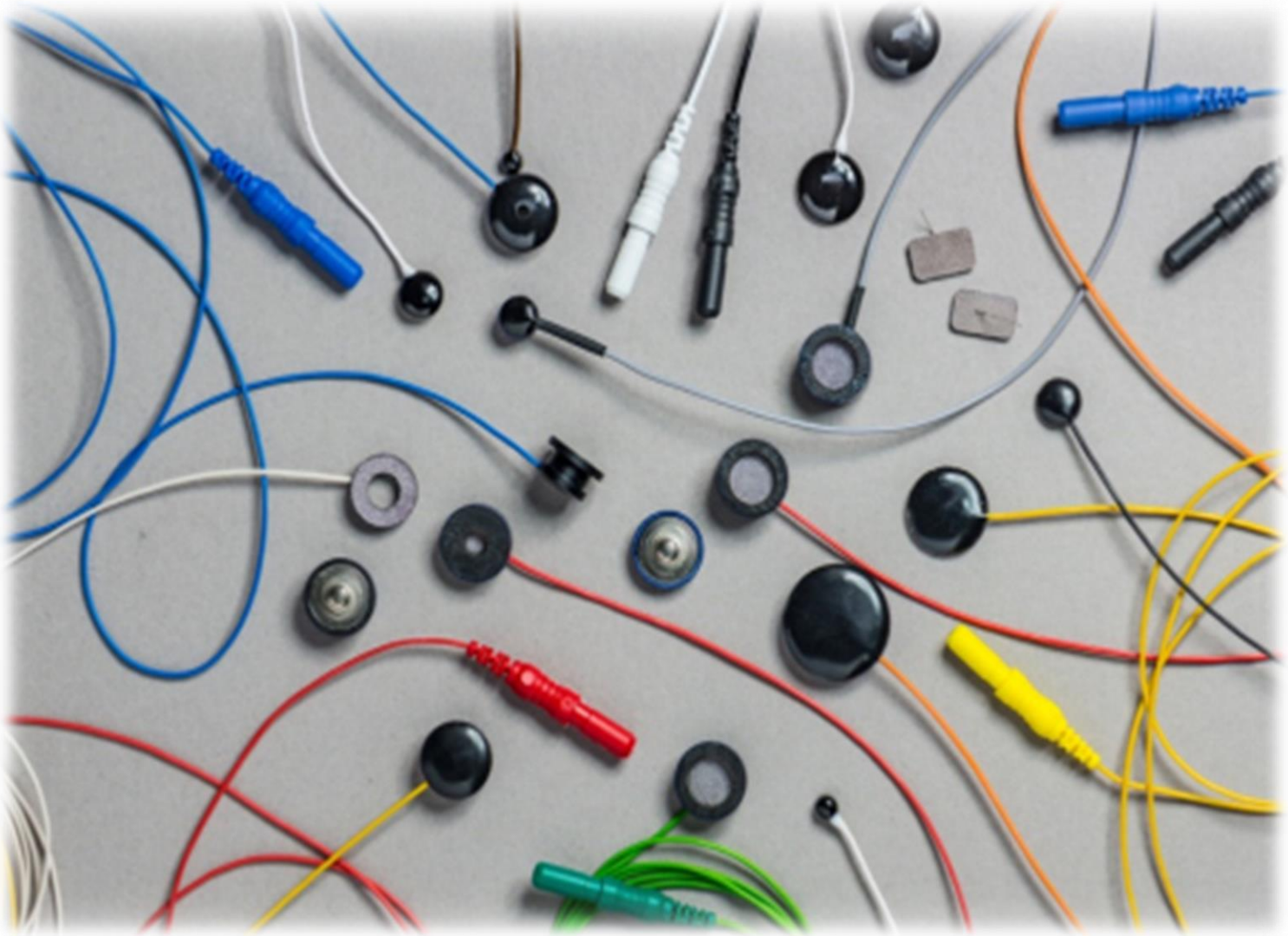
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان

گروه مهندسی پزشکی

مدرس: سوسن پورامینائی

فصل سوم:

الکترودها و مبدل ها



الکترود

به منظوراندازه گیری و ثبت پتانسیلل های بدن، نیاز به واسطه ای ما بین بدن و سیستم ثبت سیگنال داریم.

الکترودهای پتانسیل حیاتی باید توانایی هدایت یک جریان ما بین بدن یا سیستم ثبت سیگنال را داشته باشند.

جریان داخل بدن ⟸ توسط یون ها

جریان در سیم ⟸ توسط الکترون ها

الکترود مبدلی است که جریان یون ها در داخل بدن را به جریان الکتریکی در سیم ها تبدیل می کند.

برای تبدیل جریان یون ها در بدن به جریان الکتریکی در الکترود نیاز به واسطه ای به نام الکترولیت داریم، الکترولیت به شکل خمیر یا محلول نمکی است.

پتانسیل نیم پیل: وقتی یک الکترود فلزی در الکترولیتی غوطه ور شود، بعضی از الکترون های آن وارد محلول می شوند و جدا شدن این الکترون ها از فلز باعث تجمع بارهای مثبت در سطح الکترود و بارهای منفی در الکترولیت می شود، این تجمع بارهای الکتریکی اختلاف پتانسیلی را به نام پتانسیل نیم پیل به وجود می آورد.

پتانسیل نیم پیل

برای اندازه گیری پتانسیل نیم پیل از **الکترود مرجع هیدروژن** استفاده می شوند.

در ثبت سیگنال های حیاتی معمولا از دو الکترود مشابه که از یک فلز ساخته شده اند، استفاده می شود بنابراین این سیگنال ثبت شده، ناشی از تفاضل آن دو صفر است.

در عمل به دلیل دقیقا یکسان نبودن دو الکترود یا تفاوت مقاومت پوست در محل دو الکترود باعث تولید پتانیل آفست در سیگنال الکتریکی می شود.

الکترودهای قابل پلاریزه و غیرقابل پلاریزه

الکترودهای قابل پلاریزه: الکترودهایی هستند که در زمان برقراری جریان عملا هیچ باری از حدفاصل بین الکترود و الکترولیت عبور نمی کند و جریان های عبوری از حدفاصل جریان های جابجایی(منشا خازن) می باشد. الکترودهایی از جنس طلا، نقره، پلاتین از نوع قابل پلاریزه اند.

الکترودهای غیرقابل پلاریزه: جریان در اثر فرایندهای اکسیداسیون و احیا بین الکترود و الکترولیت بطور آزادانه عبور می کند. الکترود نقره از نوع الکترود غیرقابل پلاریزه است.

دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

الکترودهای سطحی یا پوستی: برداشت سیگنال از روی سطح پوست.

الکترودهای ماتریسی: اندازه گیری توزیع های پتانسیل الکتریکی در اطراف ناحیه ای از یک اندام.

الکترودهای داخلی: برداشت ولتاژهای زیر سطح پوست و نزدیک به منابع بیوالکتریکی.

میکروالکترودها: اندازه گیری سیگنال های داخل یا مجاور سلولی.

الف) الکترودهای سطحی

الکترود صفحه فلزی

الکترود مکشی

الکترود شناور

الکترود قابل انعطاف

الکترود خشک

الکترود صفحه فلزی

براساس شکل ساخت برای ثبت ECG از روی سینه و در EEG,EMG نیز به کار می روند و از نوع نقره کلرید هستند.

در کلینیک ها از الکترودهای یکبار مصرف که در داخل خود ژل دارند و روی آنها چسب هایی برای نصب الکترود بر روی بدن وجود دارد، استفاده می شود.

الکترود مکشی

نیاز به نوار یا چسب برای نصب روی بدن ندارد.

به صورت گسترده در کلینیک ها برای ثبت ECG به عنوان لیدهای سینه ای به همراه ژل به کار می رود.

قسمت فلزی به صورت استوانه ای است که قاعده آن با پوست در تماس بوده و سیگنال های پوستی را دریافت می کند، این الکترودها در ثبت کوتاه مدت استفاده می شوند. چون سطح تماس الکترود با پوست کم است، امپدانس آن نسبت به الکترودهای صفحه فلزی بیشتر است.

الکترود شناور

برای حذف کامل آرتیفکت های حرکتی نیاز به پایدار کردن شرایط مکانیکی الکترود است، فلز این الکترود در حفره ای قرار دارد و هیچ گونه تماس مستقیمی با پوست ندارد.

جنس فلز این الکترود از جنس نقره کلرید است.

الکترود قابل انعطاف

چون سطح بدن شکل های غیر منظمی دارد، الکترودها با بدنه سخت نمی توانند سازگاری مناسبی با تغییرات هندسی بدن نشان دهند.

الکترودهای قابل انعطاف برای این موارد به کارمیروند.

الکترود خشک

این الکترودها بدون استفاده از الکترولیت به کار می روند، تمامی الکترودهای بحث شده نیاز به خمیر الکترود دارند تا اتصال مناسب بین الکترود و پوست را فراهم آورند.

در الکترودهای قبلی در طولانی مدت الکترولیت خشک می شود و خواص خود را از دست می دهد

نقش الکترولیت را عرق روی پوست ایفا می کند.

ب) الکترودهای ماتریسی

شامل الکترودهای تک بعدی، دو بعدی و سه بعدی هستند:

تک بعدی: برای استفاده در اندازه گیری توزیع های پتانسیل در ضربان عضله قلب.

دو بعدی: برای نقشه برداری پتانسیل های الکتریکی در اطراف ناحیه ای از یک اندام، مثل قلب.

الکترودهای داخلی

این الکترودها داخل بدن یا زیر پوست نصب می شوند. چون این الکترودها درون بدن وارد می شوند و مایعات خارج سلولی وجود دارد نیازی به استفاده از ژل الکترولیتی نیست.

انواع الکترودهای داخلی:

- سوزنی، سیمی برای ثبت EMGو ECG
- آشکار ساز ECGجنین در طول بارداری
- قابل کاشت برای کاربرد رادیو تله متری

میکرو الکترودها

برای اندازه گیری پتانسیل استراحت یا پتانسیل عمل استفاده می‌شود.

این الکترودها باید نسبت به ابعاد سلول کوچک باشند تا از ایجاد صدمه جدی به سلول جلوگیری شود،

همچنین بایستی از آلیاژهای محکم و قوی ساخته شود، به طوریکه بتواند غشاء سلول را سوراخ کند و از لحاظ مکانیکی پایدار باقی‌بماند.

- قطر آنها بین نیم تا ده میکرومتر است.

مبدل ها (Transducers)

مبدل ها برای اندازه گیری محدوده وسیعی از متغیرهای فیزیولوژیکی استفاده می شوند.

انواع مبدل ها بر اساس پارامتری که اندازه گیری می کنند:

مبدل های فیزیکی

مبدل های الکتریکی

مبدل های شیمیایی

مبدل های جابجایی(Displacement transduser)

این مبدل ها برای اندازه گیری اندازه، شکل و موقعیت اعضا و بافتهای بدن استفاده می شوند.

انواع مبدل های جابجایی :

الف- مبدل های القایی

ب -مبدل های مقاومتی

ج- مبدل های خازنی

د -مبدل های پیزوالکتریک

مبدل های القایی(Linear Variable Differential Transformer)

کاربردهای مبدل های القایی

- اندازه گیری ابعاد قلبی
- مانیتورینگ تنفس نوزاد
- تعیین قطر شریانها

مبدل های جریان هوا

جریان هواا‌ز طریق عبور از لوله مخروطی شکل و برخورد با پرده نازک وسط لوله تولید فشار می کند.

با اندازه گیری فشار تولید شده، جریان هوا قابل محاسبه خواهد بود. هیتر نقش گرم کردن هوا برای جلوگیری از ایجاد بخار آب را دارد.

این مبدل برای اندازه گیری حجم، جریان و نرخ تنفس بیماران در ونتیلاتور مکانیکی کاربرد دارد.

مبدل اندازه گیری دما

- **ترمیستور**

  –مقاومت ویژه ای است که با تغییر دما مقدار آن به سرعت تغییر می کند.

(تقریبا 5% به ازای یک درجه سانتیگراد)

- **ترموکوپل**

  –از دو اتصال از دو فلز مختلف ساخته شده است.

  –یک اتصال را معمولا در یک دمای مرجع، مانند حمامی از آب و یخ نگهداری می کنند و اتصال دیگر را در محل مورد نظر برای اندازه گیری دما قرار می دهند، در اثر اختلاف دما در محل دو اتصال، ولتاژ تولید می شود.

مبدل های اندازه گیری گازهای خونی

کاربردهای اندازه گیری گازهای خونی:

- مشخص کردن وضعیت تنفس
- مدیریت عوامل دارویی

این اندازه گیری ها شامل اطلاعاتی درباره:

- عدم تعادل تنفسی
- متابولیکی
- کفایت ترکیب اکسیژن با خون
- حذف دی اکسیدکربن از خون در بدن است.

پارامترهای قابل اندازه گیری شامل:

- فشار جزئی اکسیژن یا درصد اشباع اکسیژن
- میزان دی اکسیدکربن

Ph _

مبدل های اندازه گیری اکسیژن خون

اندازه گیری فشار جزئی اکسیژن خون با استفاده از الکترودهای کلارک.

اندازه گیری درصد اشباع اکسیژن خون با استفاده از حجم سنجی نوری خون.

مبدل اندازه گیری PH خون

- اندازه گیری PH خون برای بررسی عملکرد صحیح کلیه ها و نیز عملکرد ریه‌ها در دفع دی اکسید کربن مفید است. در یک شخص نرمال PH خون برابر 7.4 است.
- مبدل شامل دو الکترود مرجع و فعال است.
- الکترودها از جنس نقره کلرید هستند که در محفظه ای شامل محلول کلرید پتاسیم غوطه‌ور هستند.
- همچنین الکترودها توسط یک محفظه شیشه‌ای پوشانده شده اند.
- الکترود مرجع توسط لوله حاوی نمک مهار شده است به نحویکه دیواره آن نسبت به تمام یونها نفوذ پذیر است.

- به همین دلیل، پتانسیل‌الکترود مرجع صرف نظر از محلول تحت آزمایش، ثابت است .اما الکترود فعال توسط لوله شیشه ای حاوی هیدروژن نفوذ ناپذیر مهار شده است.
- تنها نوک الکترود فعال قابلیت نفوذ پذیری نسبت به یونها را دارد.
- اختلاف پتانسیل الکترود فعال نسبت به الکترود مرجع طبق رابطه زیر متناسب باPH محلول تحت آزمایش است:

$$V = 59\,\text{mV} \times \text{pH} + C$$

- ضریب C ثابت کالیبراسیون است که از طریق قرار دادن الکترود در یک محلول بافر استاندارد با PH مشخص، قابل محاسبه است.

مبدل اندازه گیری دی اکسید کربن خون

دی اکسید کربن محلول در خون باعث تغییر در PHخون می شود.

طی رابطه زیر، دی اکسید کربن با مولکول آب واکنش کرده و تشکیل اسید کربنیک می‌دهد و متعاقباً باعث‌ایجاد یون هیدروژن و بی کربنات می شود.

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

بنابراین تغییرات دی اکسید کربن محلول درخون متناسب با تغییرات PH خون، است.

پایان بخش سوم