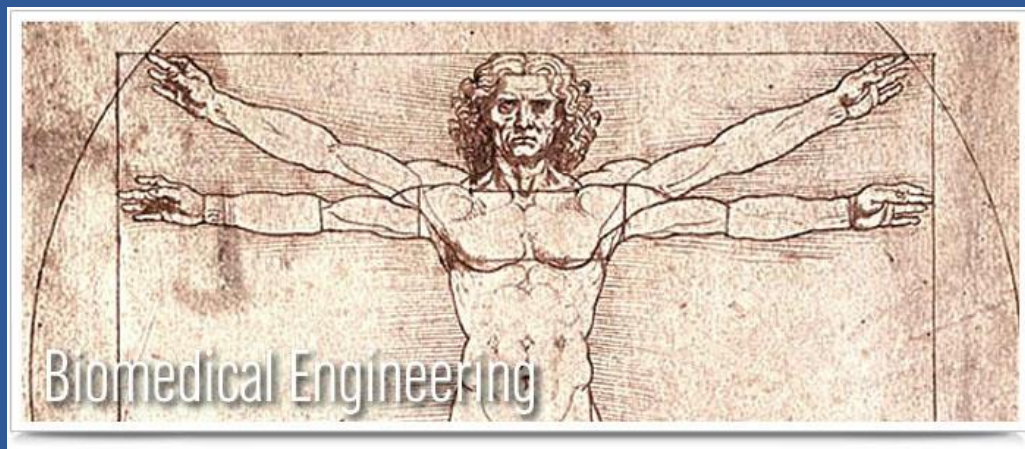




مقدمه ای بر مهندسی پزشکی زیستی

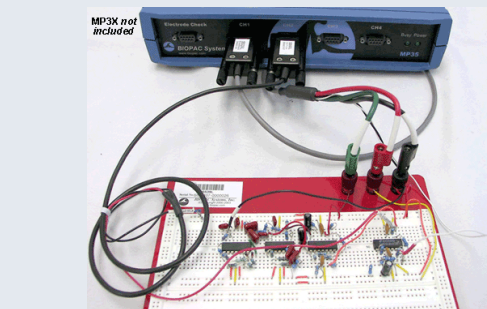
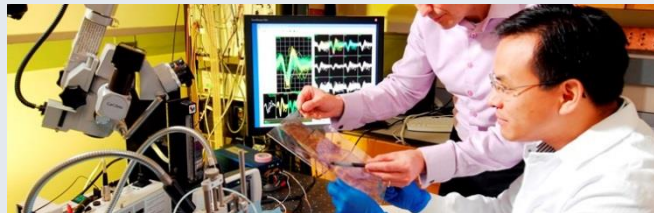
دکتر محمد نیکخو
m_nikkhoo@iust.ac.ir

نیمسال اول ۹۴-۱۳۹۳



واحد علوم و تحقیقات
دانشگاه مهندسی پزشکی

آشنایی با علم مهندسی بیوالکتریک



• آشنایی با علم مهندسی بیوالکتریک

- آشنایی با گرایش بیوالکتریک و اهداف آن

- معرفی حوزه های تحقیقاتی بیوالکتریک

- آشنایی با مبانی علم بیوالکتریک

- آشنایی با پتانسیل های حیاتی

- آشنایی با الکترودها و مبدلها

- تقویت و فیلتر سیگنالها

- روشهای پردازش سیگنال های حیاتی

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• آشنایی با الکترودها

به منظور اندازه گیری و ثبت پتانسیل‌های بدن، نیاز به واسطه ای مابین بدن و سیستم ثبت سیگنال داریم.



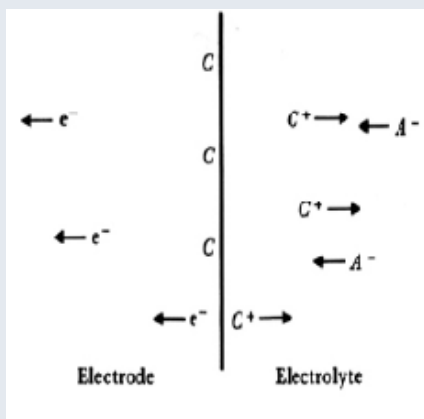
الکترودهای پتانسیل حیاتی باید توانایی هدایت یک جریان مابین بدن و سیستم ثبت سیگنال را داشته باشد.

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

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• آشنایی با الکترودها

- برای تبدیل جریان یونها در بدن به جریان الکتریکی
- در الکتروود نیاز به واسطه ای به نام الکتروولیت داریم.
- الکتروولیت به شکل خمیر یا محلول نمکی است.



هنگام تماس الکتروود و الکتروولیت برای ایجاد جریان دو فرآیند اتفاق می افتد:

(۱) طبق رابطه اکسیداسیون $C \leftrightarrow C^+ + e^-$ یونهای الکتروود (C^+) در الکتروولیت غوطه ور شده و الکترون (e^-) در فلز باقی میماند.

(۲) طبق رابطه احیاء $C^+ + A^- \leftrightarrow CA$ یونهای منفی (A^-) به اتم خنثی تبدیل می شوند.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- آشنایی با پتانسیل نیم پیل

- وقتی یک الکتروود فلزی در الکترولیتی غوطه ور شود، بعضی از الکترونها از آن وارد محلول می شوند و جدا شدن این الکترونها از فلز باعث تجمع بارهای مثبت در سطح الکتروود و یونها منفی در الکترولیت می شود.

- این تجمع بارهای الکتریکی اختلاف پتانسیلی را بنام پتانسیل نیم پیل بوجود می آورد.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- آشنایی با پتانسیل نیم پیل
- برای اندازه گیری پتانسیل نیم پیل از الکتروده مرجع هیدروژن استفاده می شود.
- در ثبت سیگنال های حیاتی معمولاً از دو الکتروده مشابه که از یک فلز یکسان ساخته شده اند، استفاده می شود. بنابراین سیگنال ثبت شده ناشی از تفاضل آن دو صفر است.
- در عمل، به دلیل دقیقاً یکسان نبودن دو الکتروده یا تفاوت مقاومت پوست در محل دو الکتروده، باعث تولید پتانسیل آفست در سیگنال دریافتی می شود.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• آشنایی با پتانسیل نیم پیل

پتانسیل نیم پیل بعضی از فلزات همراه با معادلات اکسیداسیون و امیاء

فلز و واکنش شیمیایی	پتانسیل نیم پیل E
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$	-۱/۷۰۶
$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$	-۰/۷۶۳
$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^{-}$	-۰/۱۲۶
$H_2 \rightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$	.
$Ag + Cl^{-} \rightarrow AgCl + e^{-}$	۰/۲۲۳
$2Hg + 2Cl^{-} \rightarrow Hg_2Cl_2 + 2e^{-}$	۰/۲۶۸
$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$	۰/۳۴۰
$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e^{-}$	۱/۴۲۰
$Au \rightarrow Au^{+} + e^{-}$	۱/۶۸۰

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• الکترودهای قابل پلاریزه و غیر قابل پلاریزه

- **الکترودهای قابل پلاریزه:** الکترودهایی هستند که در هنگام برقراری جریان عملاً هیچ باری از حد فاصل بین الکتروود و الکتروولیت عبور نمی کند و جریانهای عبوری از حد فاصل جریان های جابجایی (مشابه خازن) می باشند.
- الکترودهایی از جنس طلا، نقره و پلاتین از نوع قابل پلاریزه اند.
- **الکترودهای غیر قابل پلاریزه:** جریان در اثر فرآیندهای اکسیداسیون و احیاء بین الکتروود و الکتروولیت به طور آزادانه عبور می کند.
- الکتروود هایی از جنس نقره و کلرید نقره از نوع غیر قابل پلاریزه اند.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

الف- الکترودهای سطحی یا پوستی

- برداشت سیگنال از روی سطح پوست

ب- الکترودهای ماتریسی

- اندازه گیری توزیع های پتانسیل الکتریکی در اطراف ناحیه ای از یک اندام

ج- الکترودهای داخلی

- برداشت ولتاژهای زیر سطح پوست و نزدیک به منابع بیوالکتریکی

د- میکروالکترودها

- اندازه گیری سیگنالهای داخل یا مجاور سلولی

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

الف- الکترودهای سطحی یا پوستی



(۱) الکتروود صفحه فلزی

(۲) الکتروود مکشی

(۳) الکتروود شناور

(۴) الکتروود قابل انعطاف

(۵) الکتروود خشک

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(۱) الکتروود صفحه فلزی

بر اساس شکل ساخت برای ثبت **ECG** از روی سینه، **EEG** (Electroencephalogram) و **EMG** به کار می روند و از نوع نقره-کلرید نقره هستند.

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

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(۲) الکتروود مکشی

- نیاز به نوار یا چسب برای نصب روی بدن ندارد.
- به صورت گسترده در کلینیک 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 سیگنالهای پوستی را دریافت می کند.
- این الکترودها در ثبت کوتاه مدت استفاده می شوند.
- چون سطح تماس الکتروود با پوست کم است، امپدانس آن نسبت به الکترودهای صفحه فلزی بیشتر است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(۳) الکتروود شناور

- برای حذف کامل آرتیفکتهای حرکتی نیاز به پایدار کردن شرایط مکانیکی الکتروود است.
- ویژگی این الکتروود در این است که فلز الکتروود در حفره ای قرار داشته و هیچ تماس مکانیکی مستقیمی با پوست ندارد.
- حفره الکتروود با خمیر **KCl** کاملاً پر می شود و این محلول نسبت به الکتروود حرکت مکانیکی ندارد.
- جنس فلز این الکتروودها از نوع نقره-کلرید نقره است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(۴) الکتروود قابل انعطاف

- چون سطح بدن شکلهای غیر منظمی دارد، الکترودهای با بدنه سخت نمی توانند سازگاری مناسبی را با تغییرات هندسی سطح بدن نشان دهند. در نتیجه اغتشاشات حرکتی بیشتری را ایجاد می کند.
- الکترودهای قابل انعطاف برای اجتناب از این موارد بکار می روند.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(۵) الکتروود خشک

- الکترودهای خشک بدون استفاده از الکتروولیت بکار می روند.
- تمامی الکترودهای بحث شده در قبل، نیاز به خمیر الکتروود دارند تا اتصال مناسب و قابل اطمینان را بین پوست و الکتروود فراهم آورند.
- در الکترودهای قبلی در کاربردهای درازمدت الکتروولیت خشک شده و خواص خود را از دست می دهد.
- نقش الکتروولیت را عرق روی سطح پوست ایفا می کند.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(ب) الکترودهای ماتریسی

۱- الکترودهای تک بعدی

- برای استفاده در اندازه گیری توزیع های پتانسیل در ضربان عضله قلب

۲ - الکترودهای دو بعدی

- برای نقشه برداری پتانسیل های الکتریکی در اطراف ناحیه ای از یک اندام مثل قلب

۳ - الکترودهای سه بعدی

- ظاهر آن به صورت یک شانه دو بعدی است که هر دندانه دارای طول ۱.۵ میلیمتر است و با ماده عایق تا نوک احاطه شده است و نوک باز به عنوان الکتروده عمل می کند.

- گرچه دارای ساختار سه بعدی است، اما از یک آرایه دوبعدی برای اندازه گیری استفاده می کند.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- **دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد**
(ج) الکترودهای داخلی

این الکترودها داخل بدن یا زیر پوست نصب می شوند.
چون این الکترودها درون بافتهای بدن فرو می روند و مایعات خارج سلولی وجود دارند، نیازی به استفاده از ژل الکترولیتی نیست.

انواع الکترودهای داخلی

1. الکترودهای سوزنی و سیمی برای ثبت ECG و EMG
2. الکترودهای آشکارساز ECG جنین در طول بارداری
3. الکترودهای قابل کاشت برای کاربرد رادیو تله متری

آشنایی با الکترودها و مبدلها

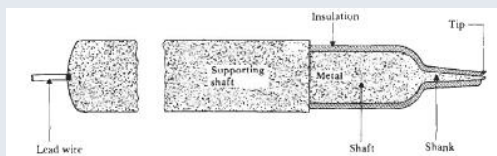
• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد

(د) میکرو الکترودها

- برای اندازه گیری پتانسیل استراحت یا پتانسیل عمل استفاده می شود.
- 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 باقی بماند.
- قطر آنها بین نیم تا ده میکرومتر است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

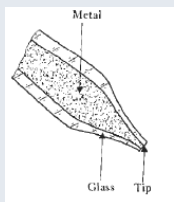
• دسته بندی الکترودها از نظر شکل و نوع کاربرد



انواع میکرو الکترودها

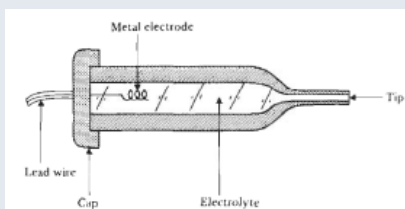
(۱) میکروالکترودهای فلزی

این میکرو الکترودها از سوزنی باریک از جنس فلز عایق بندی شده ساخته شده است. جنس فلز آنها از استیل ضد زنگ، لوله های پلاتینیوم و تنگستن هستند.



(۲) میکروالکترودهای فلزی پوشش داده شده

این میکروالکترودها از لوله های باریک شیشه ای ساخته می شوند. ناحیه مرکزی این لوله ها گرم می شود تا کاملاً نازک شود و سپس به طور سریع کشیده می شود و الکترودهایی با قطر یک میکرومتر در نوک ساخته می شود. داخل لوله با محلول الکترولیتی KCL پر شده و الکترودهای فلزی در انتهای ظرف درون KCL همراه با سیم رابط نصب می شود.



(۳) میکروالکترودهای میکروپیت

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی

- الکترودهای ECG

- الکترودهای EMG

- الکترودهای EEG

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی

- الکترودهای ECG

- الکترودهای ثبت ECG عمدتاً به صورت الکترودهای سطحی است، که به یکی از صورتهای صفحه فلزی، مکشی، شناور، قابل انعطاف یا الکتروده خشک استفاده میشود.
- در مواردی که بیمار تحت عمل جراحی قرار دارد، ممکن است از الکترودهای سوزنی برای ثبت ECG استفاده شود.
- دلیل استفاده از آن، عدم نیاز به ژل الکترولیت، تثبیت بیشتر آن روی بدن و راحت تر بودن جراح است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی



• الکترودهای EMG

(۱) الکتروود سوزنی (ریز الکتروود)

- جنس الکتروود معمولاً از پلاتین یا استیل ضدزنگ است.
- به دلیل نزدیکی بسیار زیاد الکتروود با فیبرهای عضلانی، سیگنال برداشته شده قوی و کم نویز است.
- برای ثبت سیگنال EMG یک یا دو فیبر عضلانی مورد استفاده قرار می گیرد.
- این نوع الکترودها، فیبرهای عضلانی که کمی با محل الکتروود فاصله داشته و مشکل دارند را، نمی تواند تشخیص دهد ولی برای ثبت موضعی ایده آل است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

• انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی

• الکترودهای EMG

(۲) الکتروود سطحی

- برای ثبت فعالیت کلی عضله از الکترودهای سطحی استفاده می شود.
- الکترودهای سطحی به دو نوع خشک و ژل دار تقسیم می شود.
- الکتروود های خشک در جایی که امکان مصرف ژل وجود ندارد، مورد استفاده قرار می گیرند. باید دقت کرد که در این حالت امپدانس بین پوست و الکتروود افزایش می یابد.
- سعی می شود که شکل الکتروودها با انحنای پوست همخوانی داشته باشد.
- الکترودهای سطحی از جنس نقره-کلرید نقره و یا طلا می سازند و با ژلهایی با ترکیب کلرید پتاسیم برای مرطوب کردن پوست استفاده می شود.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی

- الکترودهای EMG

- (۲) الکتروود سطحی

- امپدانس الکتروود سطحی بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ اهم متغیر است، که با توجه به نوع الکتروود، محل تماس الکتروود- الکتروولیت و فرکانس کاری تعیین می گردد.

- فرکانس کاری در EMG سطحی بین ۶ تا ۵۰۰ هرتز است که بیشترین مؤلفه های آن در بازه ۲۰ تا ۱۵۰ هرتز قرار دارد.



آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی
- الکترودهای EEG

الکترودهای ثبت EEG معمولاً از جنس نقره-کلرید نقره ساخته شده و ممکن است به صورت یکی از شکل های زیر باشند:

(۱) به شکل فنجانهای کوچکی است که از آلیاژ نقره-پلاتین ساخته می شوند که معمولاً با ژل های مخصوصی استفاده می شوند. عیب آن مشکل بودن نصب و تثبیت آن روی سر است.



آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی
- الکترودهای EEG



(۲) الکترودهای بشقابی:

- بر روی پایه ای که انتهای آن به صورت پیچ است و در یک خرک قابل تنظیم قرار میگیرد، نصب می شوند.
- این خرکها بوسیله کلاه مخصوص روی سر ثابت نگاه داشته میشود.
- نیاز به ژل الکترولیت ندارد اما برای ارتباط بهتر بین الکتروود و پوست الکترودها را قبل از استفاده در محلول آب نمکی سالین نگه می دارند.
- اشکال آن اکسید شدن الکترودها در اثر مرور زمان است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی
- الکترودهای EEG

۳) الکترودهای سوزنی

- به شکل سوزنهای کوچکی هستند.
- برای نصب الکترودها لازم است آنها را در محل مورد نظر قدری زیر پوست فرو کرد.
- اشکال آن دردناک بودن و امکان عفونت است.

آشنایی با الکترودها و مبدلها

- انواع الکترودهای ثبت پتانسیل حیاتی
- الکترودهای EEG

۴) الکترو کپ (Electro cap)

- الکترودها در محل های مشخصی از قبل طبق استاندارد در داخل کلاه تعبیه شده اند.
- ژل از طریق سرنگ مخصوص به نقاط مورد نظر روی سر و از طریق منفذهای موجود روی کلاه تزریق می شود.
- مزیت آن سهولت استفاده از آن است.
- معمولاً در ثبت های بلند مدت از آن استفاده می شود.



پرسش و پاسخ

