مقدمه ای بر مهندسی پزشکی زیستی

(بخش۲)

دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان

گروه مهندسی پزشکی

مدرس: سوسن پورامینائی

فصل دوم:

بیوالکتریک و بیواینسترومنت

بیوالکتریک

بیوالکتریک را می توان علم استفاده از اصول الکتریکی، مغناطیسی و الکترومغناطیسی در حوزه پزشکی دانست.

هدف در بیوالکتریک:

آشنایی با مدارهای الکتریکی و تکنیک های به کار رفته در تجهیزات پزشکی مانند سیستم های تصویربرداری، سیستم های پرتوپزشکی، سیستم های به کار رفته در اتاق عمل و بخش های CCUو ICUو تجهیزات الکتریکی بکار رفته در بدن انسان است.

حوزه هایی که یک مهندس بیوالکتریک در آن فعالیت می کند عبارتند از:

- پردازش سیگنال های حیاتی
- پردازش تصاویر پزشکی و سیستم های تصویرگر بیمارستانی
- پردازش صوت و گفتار و طراحی سیستم های گفتار درمانی جهت کمک به معلولین گفتاری
- مدل سازی سیستم های بیولوژیک
- طراحی بخش های الکترونیکی و کنترل اعضاء و اندام مصنوعی و ساخت وسایل توان بخشی
- طراحی و ساخت سیستم های درمانی و آزمایشگاهی پزشکی

شاخه های بیوالکتریک

پردازش سیگنال های حیاطی

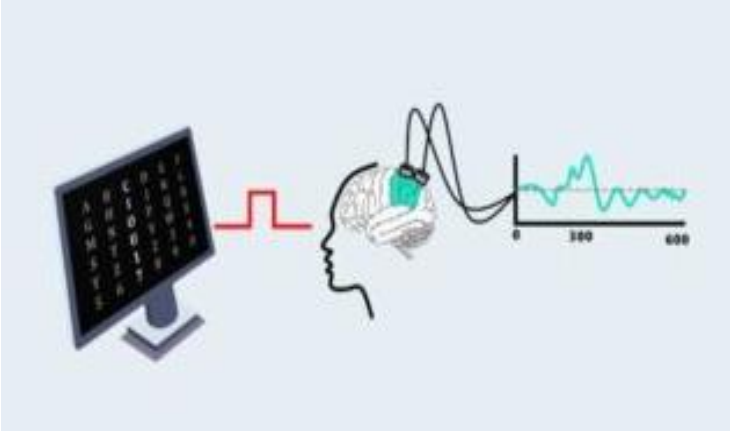
سیگنال های حیاطی از موضوعات مهم در شناخت آناتومی و فیزیولوژی انسان به شمار می آید که پردازش این سیگنال ها از مباحث گسترده در بیوالکتریک می باشد. عوامل بسیاری ماانده محیط اطراف، اشتباه دستگاه یا پزشک موجوب می شوند سیگنال هایی که توسط ارگان های بدن تولید می شوند با یکدیگر مخلوط شده یا تحت تاثیر نویز قرارگیرند.

منظور از پردازش سیگنال های حیاطی جداکردن سیگنال موردنظر از سیگنال های درهم آمیخته و نویزدار و سپس استخراج پارامترهای مفید سیگنال است. این پارامترها برای تشخیص پزشکی به کار برده می شوند.

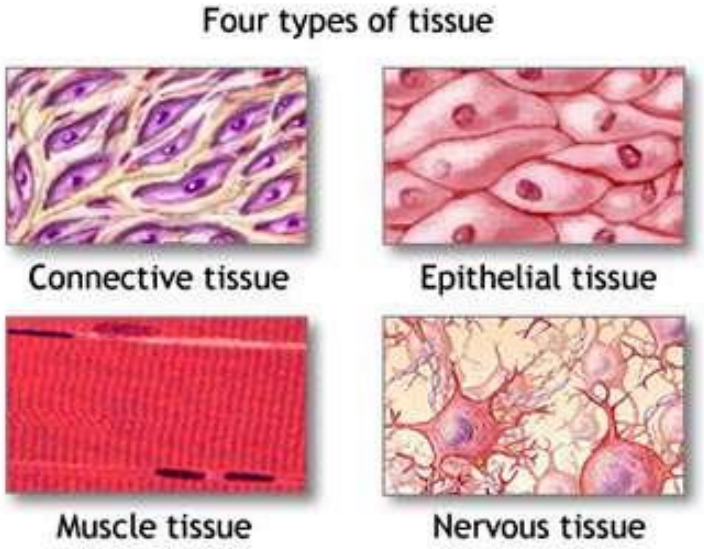
پردازش سیگنال های حیاتی

بسیاری از ابزارهای پزشکی از یک **سنسور یا مبدل** استفاده می کنند تا سیگنال تولیدشده توسط بدن(دما، فشارخون، ضربان قلب، فعالیت مغز، حرکت ماهیچه و...) را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل کنند.

بافتهای بیولوژیک بدن برای بقای خود به فعالیت های الکتریکی وابسته هستند.بافت ها در برابر تحریک خارجی از خود واکنشی نشان می دهندکه ناشی از فعالیت الکتروشیمیایی آنهاست و بصورت یک سیگنال بیوالکتریکی ظاهر می شود.



بافت(tissue): مجموعه ای از سلول های مشابه است که بر روی هم کار مشخصی را انجام می دهند. در بدن انسان ٤بافت سلولی وجود دارد که عبارتند از:



- بافت پیوندی(همبند)
- بافت پوششی
- بافت ماهیچه ای
- بافت عصبی

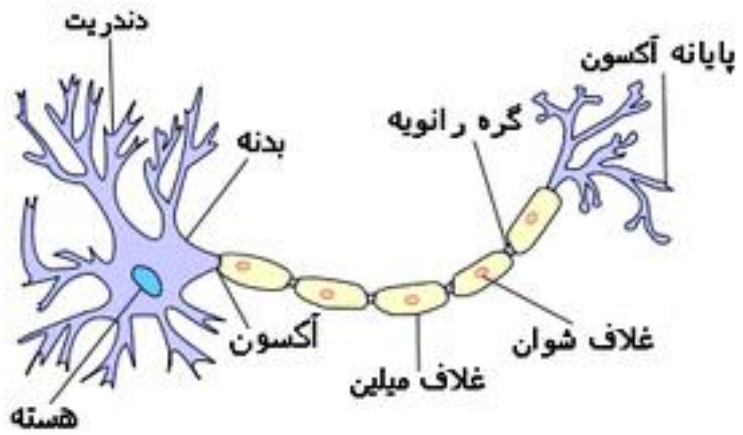
پردازش سیگنال های حیاتی

پاسخ سلول به تحریک خارجی را می توان به یک سیگنال الکتریکی تبدیل کرد.

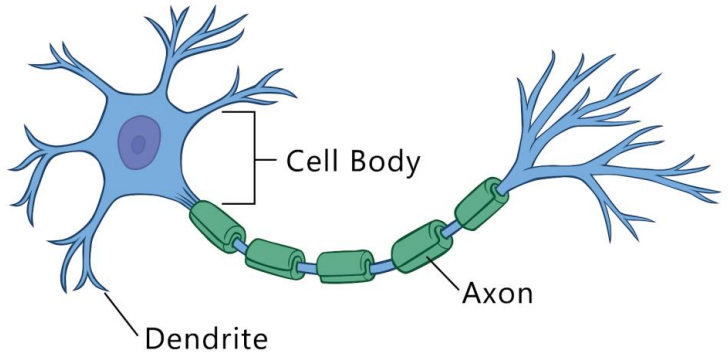
ساختمان یک سلول عصبی (نورون)

نورون ها سلول های تحریک پذیری هستند که داده هارا از راه زائده هایی به نام دندریت دریافت کرده و از راه زائده های دیگری به نام آکسون داده هارا به سلول بعدی ترارسانی می کند.

از لحاظ عملکرد یک نورون شامل بخش گیرنده(دندریت ها)، بخش ادغام(جسم یاخته ای) و بخش انتقال دهنده پیام عصبی(آکسون ها) می باشد.



در نورون ها فعالیت الکتروشیمیایی بر روی غشای تحریک پذیر سلول عصبی پدید می آید، طول آکسون را طی می کند و وظیفه پیغام رسانی به سلول بعدی را بر عهده دارد.



بیوالکتریسیته

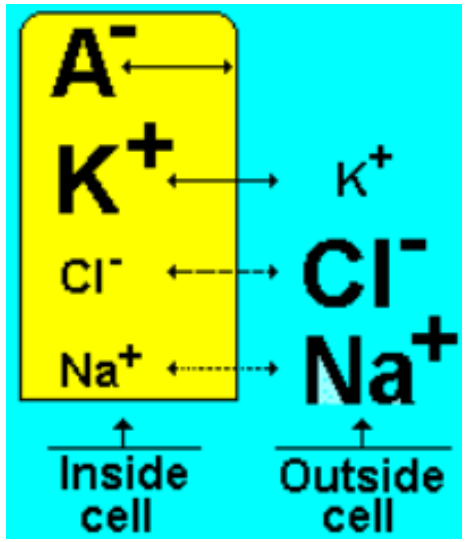
به مطالعه و شناخت فعالیت های الکتریکی بافت های بیولوژیک و کاربرد آن در تشخیص بیماری ها می پردازد.

تفاوت اصلی میان الکتریسیته در بافتهای بیولوژیک و الکتریسیته در تجهیزات:

سلول ها و بافت ها از یون ها برای انتقال بارالکتریکی استفاده می کنند، درحالیکه سیستم های الکترونیکی از الکترون ها برای این منظور استفاده می کنند.

سیگنال الکتریکی یا پتانسیل:

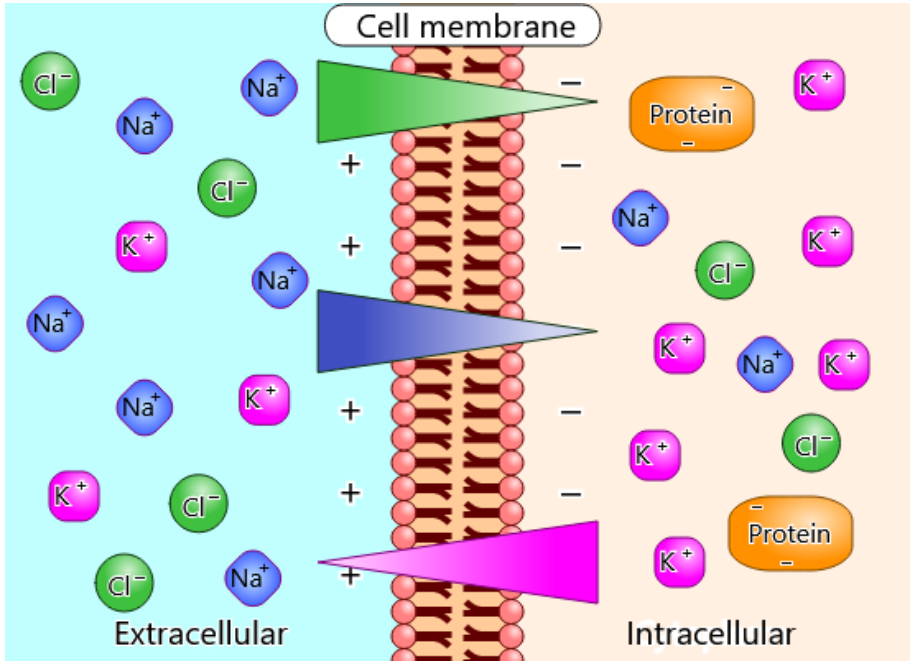
سلول های تحریک پذیر بدن در یک غشا نیمه تراوا محصور شده اند که به بعضی از مواد اجازه ی عبور می دهند در حالیکه مواد دیگر خارج از غشا نگه داشته می شوند.



پتانسیل غشا

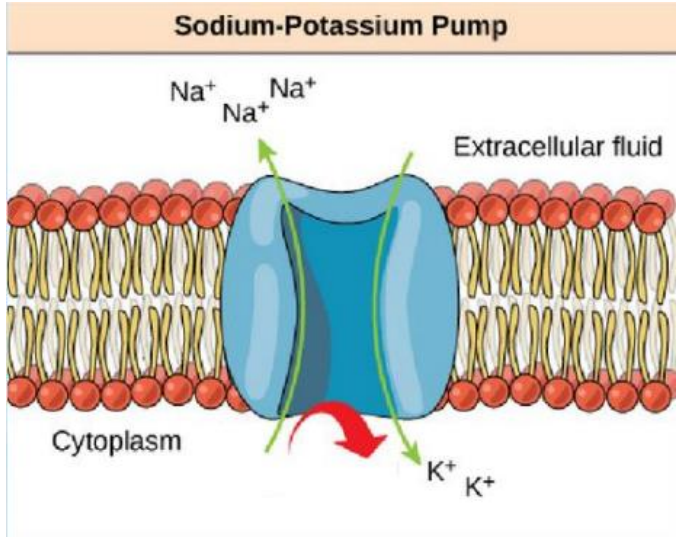
در دوسوی غشا سلول ها، اخلاف در غلظت یون ها وجود دارد. این پدیده سبب ایجاد یک پتانسیل الکتریکی بین دو غشا سلول ها می شود که پتانسیل غشا نامیده می شود.

ماتریس برون سلولی extracellular دارای یون سدیم(بارمثبت) و یون کلر(بار منفی) بیشتر نسبت به داخل سلول است وهمچنین درون سلول دارای یون پتاسیم (بارمثبت) بیشتری نسبت به بیرون سلول می باشد.



پتانسیل استراحت(آرامش)

درحال تعادل(استراحت) یعنی موقعی که هنوز سلول تحریک نشده است، فعالیت پمپ سدیم پتاسیم، سه یون سدیم را به خارج از غشا منتقل کرده و دو یون پتاسیم را وارد سلول می کند، بر اثر کارکرد این پمپ همیشه فضای داخل غشای سلول، نسبت به فضای خارج سلولی بار منفی دارد و بین دو سمت غشا سلول اختلاف پتانسیلی حدود منفی ۷۰ میلی ولت وجود دارد که به آن پتانسیل آرامش گویند.



سلول در حال استراحت، پلاریزه نامیده می شود.

پتانسیل عمل

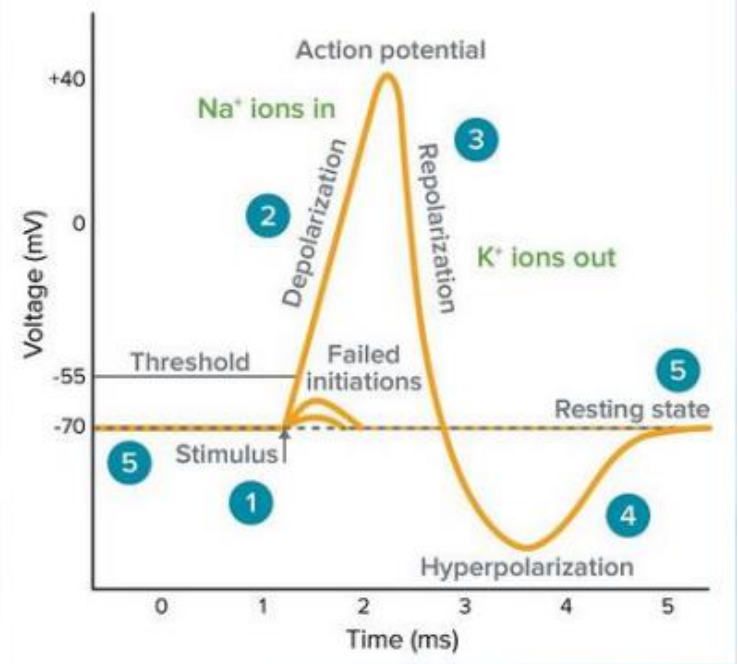
پتانسیل عمل تغییری موقتی و گذراست که به دلیل تحریک در پتانسیل غشا سلول ها(مثلا در قسمت آکسون یک سلول عصبی) روی می دهد، و پتانسیل داخل غشا به دلیل نفوذ یون سدیم به سرعت بالا می رود و سپس به سرعت پایین می آید.

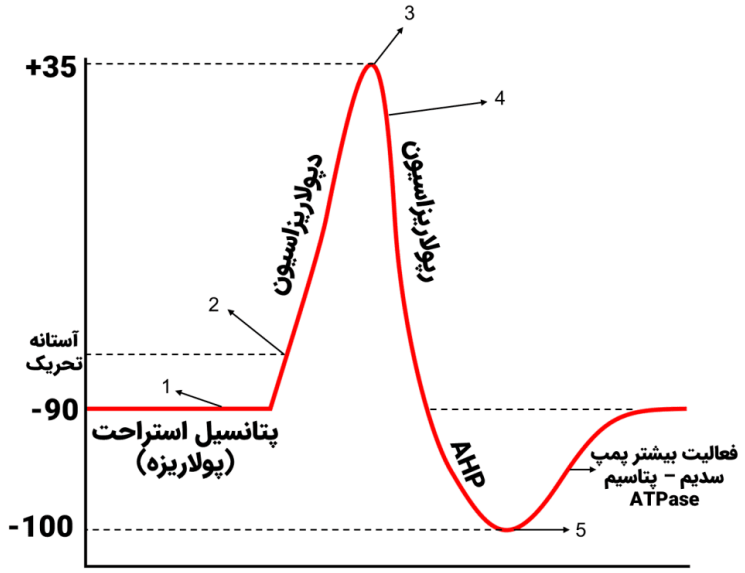
مراحل پتانسیل عمل: عبور و مرور یون های سدیم و پتاسیم از غشا:

درحالیکه در حال استراحت، غشا سلول به یونهای سدیم اجازه ورود نمی دهد، به آسانی به یون های پتاسیم اجازه ورود می دهد.

ادامه ی مراحل پتانسیل عمل

اما اگر بخشی از سلول تحت تاثیر نیروی خارجی تحریک شود. غشا خصوصیات خود را تغییر داده و به یون های سدیم اجازه ورود به داخل سلول ها را می دهد. بنابراین داخل سلول دارای بار مثبت تر خواهد شد و در اصلاح سلول دپلاریزه (هجوم یونهای سدیم به سلول)خواهد شد.





ادامه مراحل پتانسیل عمل

در نقطه قله پتانسیل عمل، کانال های خروج پتاسیم از غشا سلول باز می شوند و یونهای پتاسیم به سمت خارج سلول هجوم می آورند. با خروج بار مثبت از داخل سلول، پدیده رپولاریزیشن روی می دهد. پتانسیل داخل سلول منفی تر شده آنقدر که به عدد پتانسیل استراحت برسد.

به دلیل اینکه کانال های خروج سدیم کمی در بسته می شوند، ممکن است بازهم یونهای پتاسیم از سلول خارج شده و بار داخل سلول منفی تر شود.hyperpolarization

اندازه گیری پتانسیل های بیوالکتریکی

برای اندازه گیری پتانسیل های الکتریکی باید از مبدلی استفاده شود که بتواند جریانها و پتانسیلهای یونی را به جریانها و پتانسیلهای الکتریکی تبدیل کند، چنین مبدلی از دو الکترود تشکیل می شود که اختلاف پتانسیل یونی بین دو نقطه مورد نظر که به هم مربوط میباشند را اندازه گیری میکند.

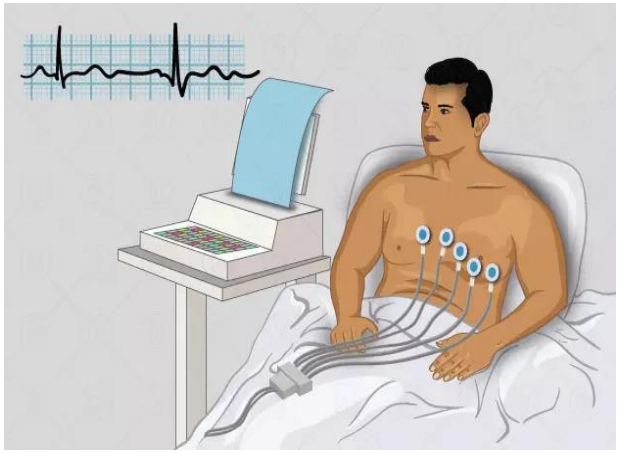
مهمترین شکل موجهای پتانسیل های الکتریکی عبارتند از:

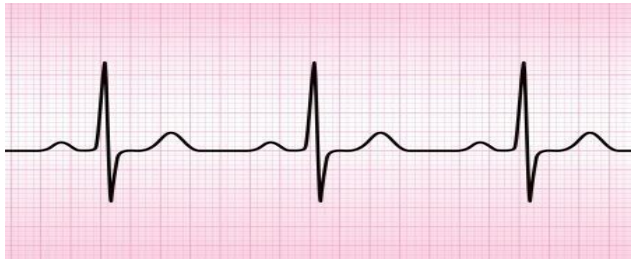
- ECG: Electro_cardiogram, Heart activity
- EMG: Electro_myogram, musle movement
- EOG: Electro_oculgram,Eye movement
- EEG: Electro_ encephalogram

الکتروکاردیوگرافی ECG

ثبت فعالیت های الکتریکی قلب است. این فعالیت الکتریکی با فعالیت مکانیکی قلب در ارتباط مستقیم است.

از این رو این سیگنال نقش بسزایی در تشخیص و مطالعه عملکرد قلب دارد.





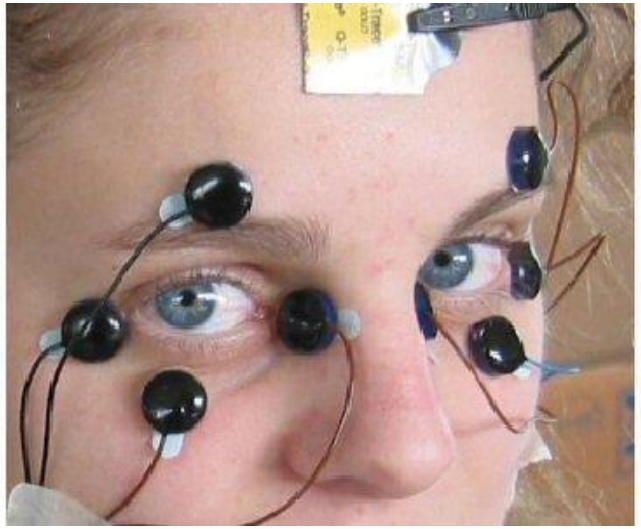
الکترومایوگرافی EMG

ثبت فعالیت های الکتریکی ماهیچه است. این سیگنال را می توان با استفاده از الکترود های سطحی که بر روی پوست قرار می گیرد و یا با الکترودهای داخل عضلانی ثبت نمود.

این ثبت حاوی اطلاعات مربوط به فعالیت الکتریکی تولید شده به واسطه انقباض ماهیچه است.

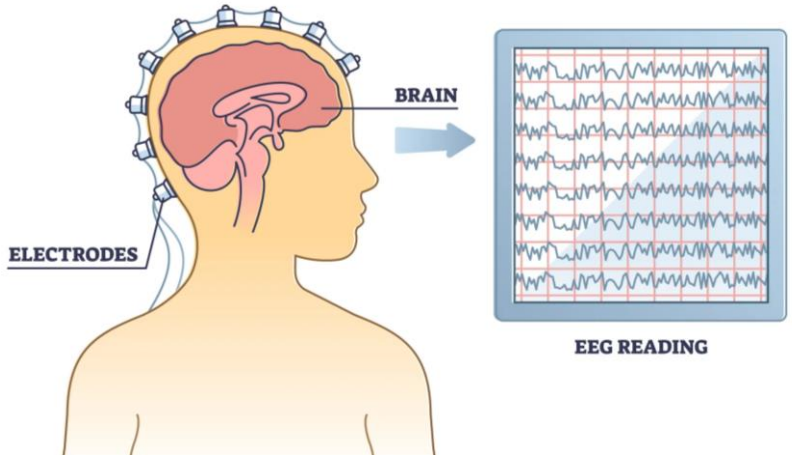
الکترواکولوگرافی EOG

تکنیکی برای اندازه گیری پتانسیل قرنیه_ شبکیه ای است که بین قسمت جلویی و پشت چشم انسان وجود دارد. سیگنال حاصل الکترواکولوگرافی نامیده میشود. کاربردهای اولیه در تشخیص های چشم پزشکی و در ضبط حرکات چشم می باشند.



الکتروانسفالوگرافی EEG

ثبت فعالیت های الکتریکی مغز با عنوان الکتروانسفالوگرافی نامیده میشود. طیف فرکانسی این سیگنال حاوی اطلاعات مفیدی است که کاربرهای تشخیصی و تحقیقاتی از جمله موارد زیر دارد:



۱- کمک به تشخیص و تعیین محل آسیب مغزی

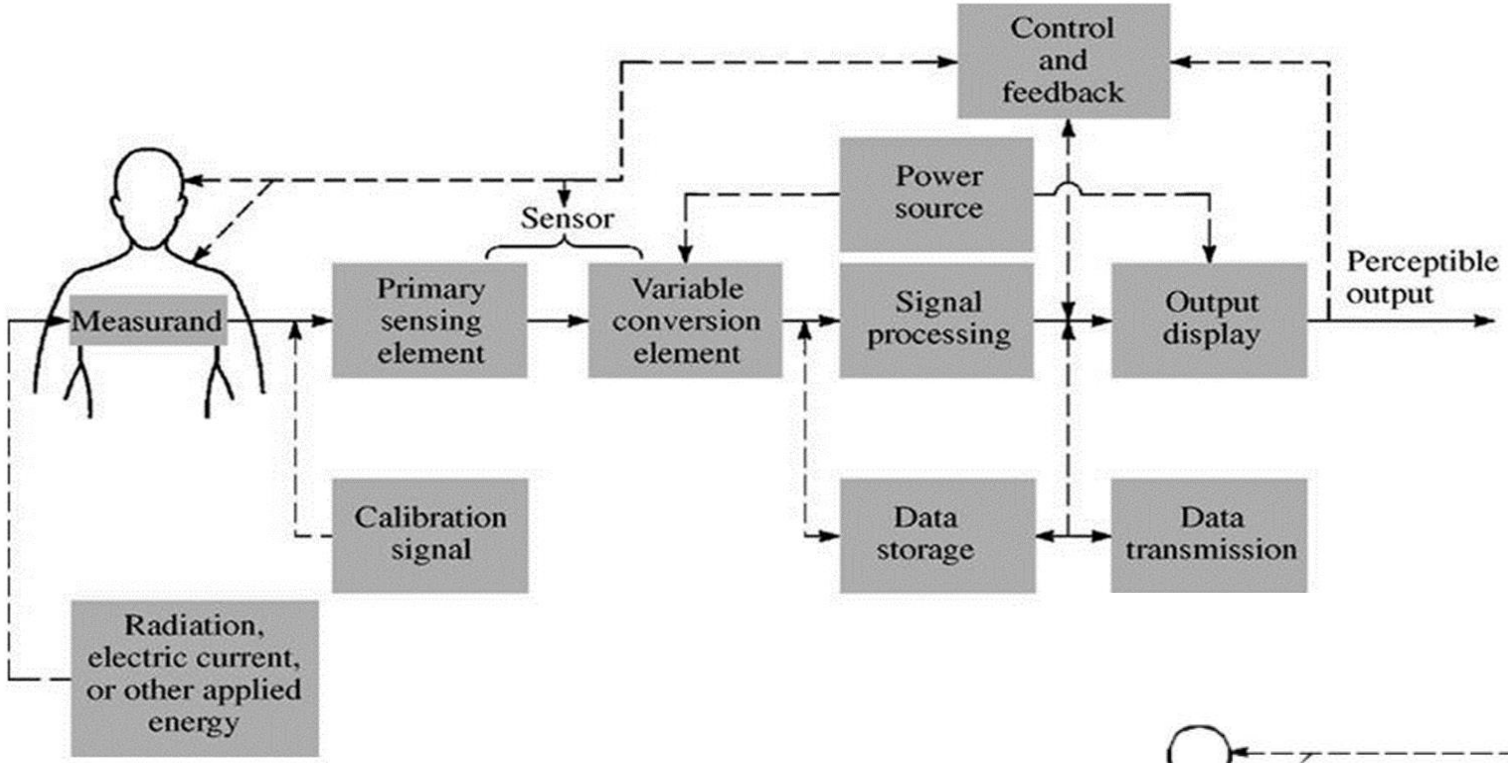
۲-کمک به مطالعه صرع

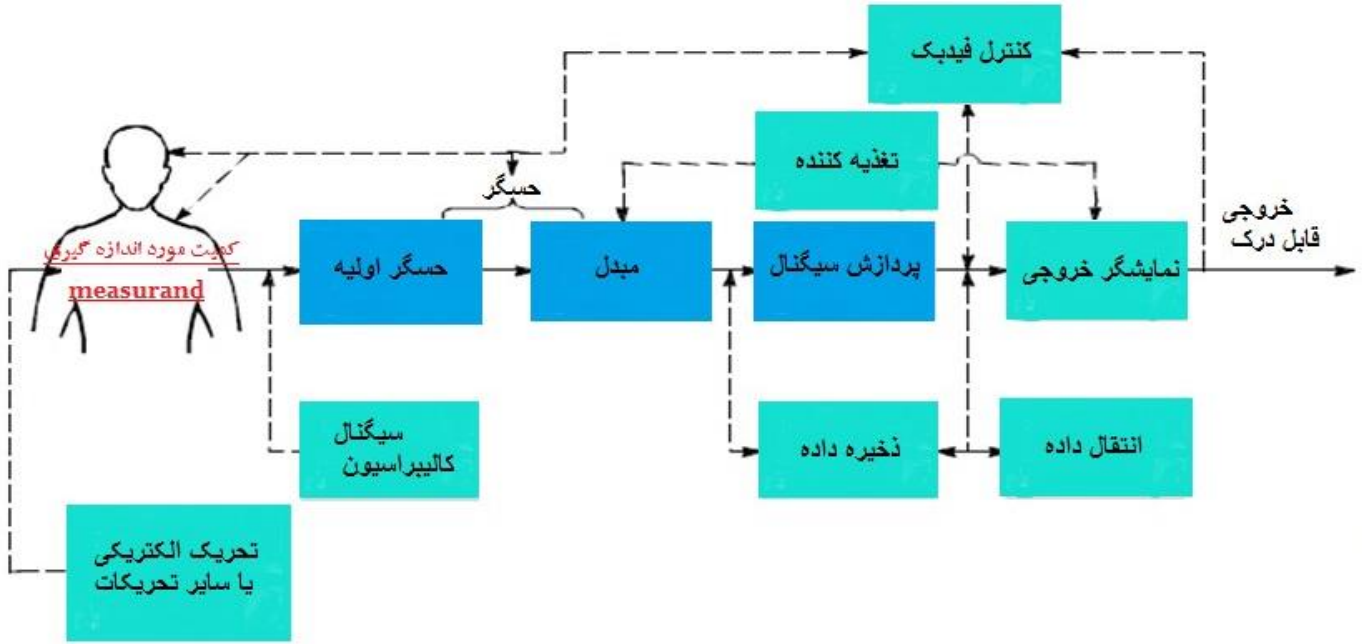
۳-کمک به تشخیص اختلالات روانی

٤-کمک به مطالعه خواب

الکترود گذاری سطحی(روی سطح پوست)طبق یک الگوی استاندارد انجام میگیرد.

بلوک دیاگرام تجهیزات پزشکی :





بخش های متداول یک وسیله اندازه گیری پزشکی

کمیت مورداندازه گیری:

کمیت اندازه گیری یک کمیت فیزیکی است که سیستم آن را اندازه می گیرد و در واقع به عنوان ورودی به سیستم وارد می شود.

برخی از نمونه های متداول کمیت های اندازه گیری زیستی:

فشارخون، دمای بدن،EEG,ECG,ERG,EMGو...

کمیت مورد اندازه گیری(ورودی سیستم) ممکن است به دلایلی دچار تغییر شود و از شکل واقعی خود فاصله بگیرد، این دلایل عبارتند از:

۱. **نویزها Noises** : سیگنال مزاحمی که منشا تصادفی دارد، مثل نویزهای حرارتی یا مغناطیسی.

۲. **انحراف ها drifts** : سیگنال یا عاملی که سیگنال را دچار جابجایی(بالا و پایین رفتن) یا شیفت می کند.

۳. **تداخل ها interfaces** : سیگنالی که منشا یقینی دارد و قابل پیشبینی است، مثل فرکانس ۵۰هرتز برق شهر.

سنسور(sensor): یک کمیت فیزیکی را به خروجی الکتریکی تبدیل می کند.

برخی از نمونه های متداول سنسورها:

- سنسور اندازه گیری قندخون
- سنسور اندازه گیری نیرو
- میکروفن

مبدل(transducer): یک شکل از انرژی را به شکل دیگری تبدیل میکند.

پردازش و بهینه سازی سیگنال: معمولا خروجی سنسور را پس از فیلتر کردن(حذف نویز)، تقویت کردن و دیجیتال کردن به نمایشگر ارسال می کند، که این مرحله پردازش و بهینه سازی سیگنال گفته می شود، مثال حذف نویز سیگنال الکتریکی قلبی.

بخش کنترل و فیدبک: این بخش پس از دریافت اطلاعات استخراج شده از کمیت مورد اندازه گیری، بصورت مستقیم یا غیر مستقیم از طریق تحریک کننده ها سعی می کند تا کمیت مورد اندازه گیری را به محدوده مجاز مورد نظر پزشک برساند.

اثرگذرانده(تحریک کننده): بخشی از وسیله پزشکی است که بر اساس مقایسه مقدارکمیت اندازه گیری شده و مقدارمطلوب، تزریق یا تحریک مناسب را به بیمار اعمال می کند.

نمایشگر خروجی(ذخیره و ارسال داده): نتایج فرایند اندازه گیری(داده های پردازش شده) جهت نمایش برای اپراتور به نمایشگر خروجی ارسال می شود.همچنین این داده ها می توانند ذخیره شده و یا برای پزشک ارسال گردند. نمایشگرها می توانند گرافیکی، عددی و پرینتی باشند.

برای اطمینان از وضعیت مناسب دستگاه در هر بار استفاده می بایست عمل کالیبراسیون انجام گیرد.

کالیبراسیون(calibration): ورودی مشخص و استانداردی که پاسخ سیستم اندازه گیری به آن معلوم است به سیستم اعمال و وضعیت سیستم با آن تطبیق داده می شود.

معیارهای کمی وسیله عملکرد پزشکی

به منظور ارزیابی و مقایسه بهتر عملکرد وسیله توسط خریدار، از **معیار کمی** استفاده می شود.

مشخصات عملکرد دستگاه بر اساس فرکانس ورودی:

مشخصات استاتیک: عملکرد دستگاه ها را برای ورودی های dc یا پایین توصیف می کند.

مشخصات دینامیک: عملکرد دستگاه ها را برای ورودی های نسبتا فرکانس بالا توصیف می کند.

تفکیک پذیری(Resolution): کوچکترین کمیت افزایشی که میتوان به صورت قابل اطمینان اندازه گیری نمود تفکیک پذیری نامیده می شود.

دقت(Precision): میزان نزدیکی خروجی های بدست آمده از تکرار اندازه گیری با ورودی یکسان و تحت شرایط محیطی یکسان، دقت نامیده میشود.

صحت(Accuracy): اختلاف بین مقدار اندازه گیری شده و مقدار واقعی تقسیم بر مقدار واقعی، صحت نامیده میشود.

تکرار پذیری(Repeatability): قابلیت یک دستگاه برای دادن خروجی یکسان به ازای ورودی های مساوی اعمال شده در دوره های زمانی را تکرارپذیری گویند.

مثلا اگر یک آزمایش را در شرایط یکسان تکرار کنیم، دستگاه خوب دستگاهی است که در تعداد دفعات جواب یکسان دهد.

انواع ورودی ها

- **ورودی مطلوب:** کمیت یا سیگنالی که قصد اندازه گیری آن را داریم.
- **ورودی مزاحم:** هر سیگنال یا نویز مزاحمی که به نحوی خروجی را تحت تاثیر قرار دهد.

پایان بخش دوم