

اکترو فیزیولوژی

مبحث سوم: مغناطیسیم پایه - روش ها

دکتر علی مالکی

عضو هیات علمی دانشگاه سمنان

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

ثبت سیگنال الکتریکی از سطح پوست:

ثبت سیگنال‌ها از سطح بدن به دلیل این واقعیت امکان‌پذیر است که بدن به طور ساده، یک محفظه الکترولیتی با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl است. با قرار دادن الکترودها بر روی سطح بدن، می‌توان سیگنال‌های الکتریکی ظریفی را دریافت کرد که از فعالیت الکتریکی داخل بدن نشأت می‌گیرند.

نمونه‌هایی از تکنیک‌های پزشکی الکتریکی برای تشخیص:

- ❖ **Electrodermatography**
- ❖ **Electrogastrography** (سطحی یا از درون معده)
- ❖ **Electrocochleography**
- ❖ **Electrocardiography: ECG** (سطحی یا داخل قلب)
- ❖ **Electroencephalography: EEG**
- ❖ **Electroneurography: ENG** (الگوی هدایت)
- ❖ **Electrospinography**
- ❖ **Electrooculography: EOG**
- ❖ **Electroretinography: ERG**
- ❖ **Electronystagmography**
- ❖ **Electromyography: EMG**

نمونه‌هایی از تکنیک‌های پزشکی الکتریکی برای درمان:

- ❖ Cardiac Resynchronization Therapy: **CRT**
- ❖ Electroshock (defibrillation)
- ❖ Electrosleeptherapy
- ❖ Electrophysiology (Electroacupuncture)
- ❖ Electrogymnastics
- ❖ Electrocoagulation
- ❖ Electronarcosis
- ❖ Electrotetanustherapy

کدام یک از تکنیک‌های پزشکی الکتریکی برای تشخیص یا درمان را نمی‌شناسید. با جستجو و مطالعه، اطلاعات مختصری در مورد آنها کسب کرده و در کلاس ارائه کنید.

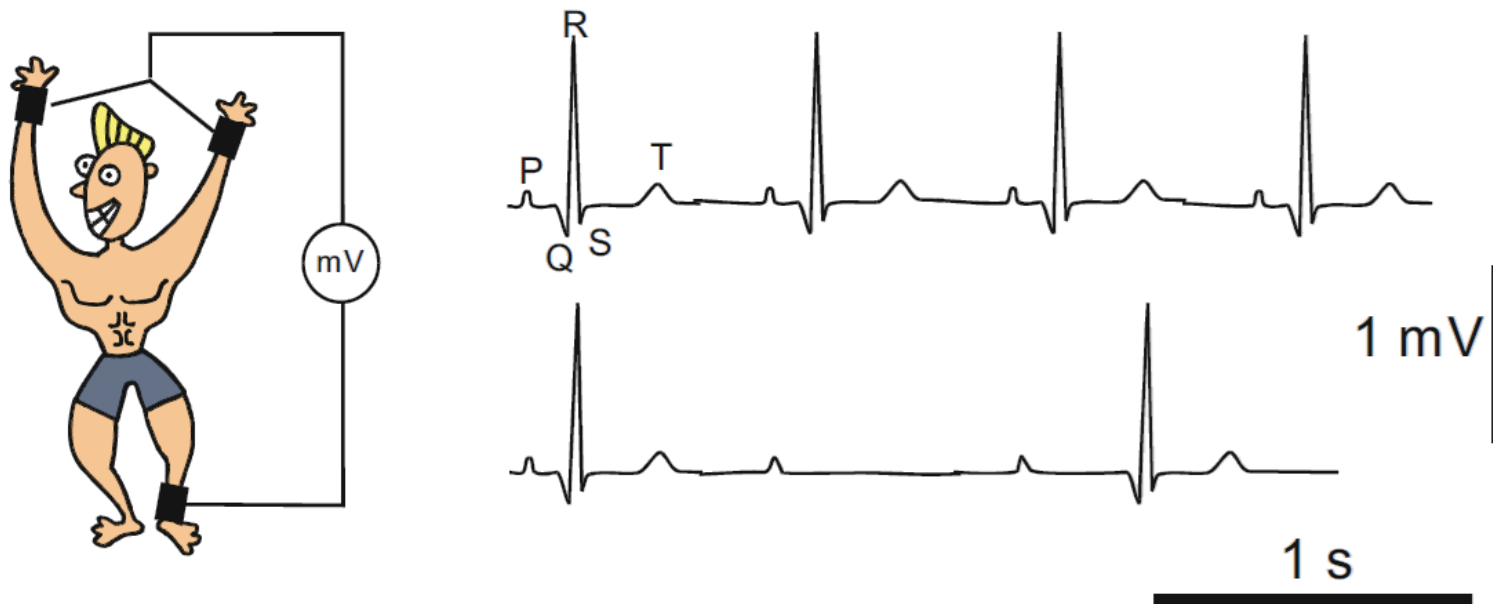


نقطه عطف تاریخی:

در ابتدای قرن بیستم، فیزیولوژیست هلندی به نام آینهوون (Willem Einthoven) با استفاده از گالوانومتر رشته‌ای و میکروسکوپ پروجکشن موفق به شناسایی نوسانات پتانسیل الکتریکی مشخصی شد که با ریتم قلب ارتباط داشتند. در دهه‌های بعد، مشخص شد که این سیگنال‌ها که امروزه الکتروکاردیوگرام یا ECG نامیده می‌شوند ناشی از فعالیت قلب تپنده هستند.

نمایش نمادین الکتروکاردیوگرافی:

شکل ۱-۳ تغییرات پتانسیل قلبی (ECG) نمادین ثبت شده از یک فرد که با هر بار ضربان قلب تکرار می‌شود. در نوار بالا، امواج طبیعی (نرمال) PQRST و در نوار پایین، امواجی در حضور بلوک دهلیزی-بطنی مشاهده می‌گردد.

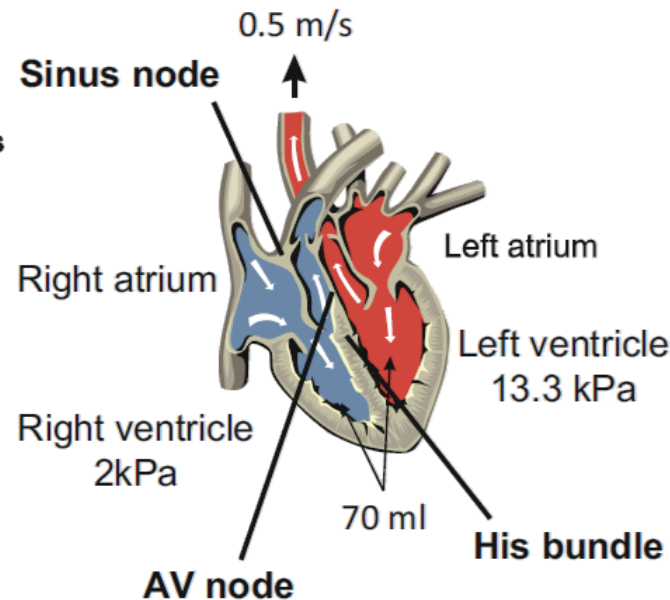
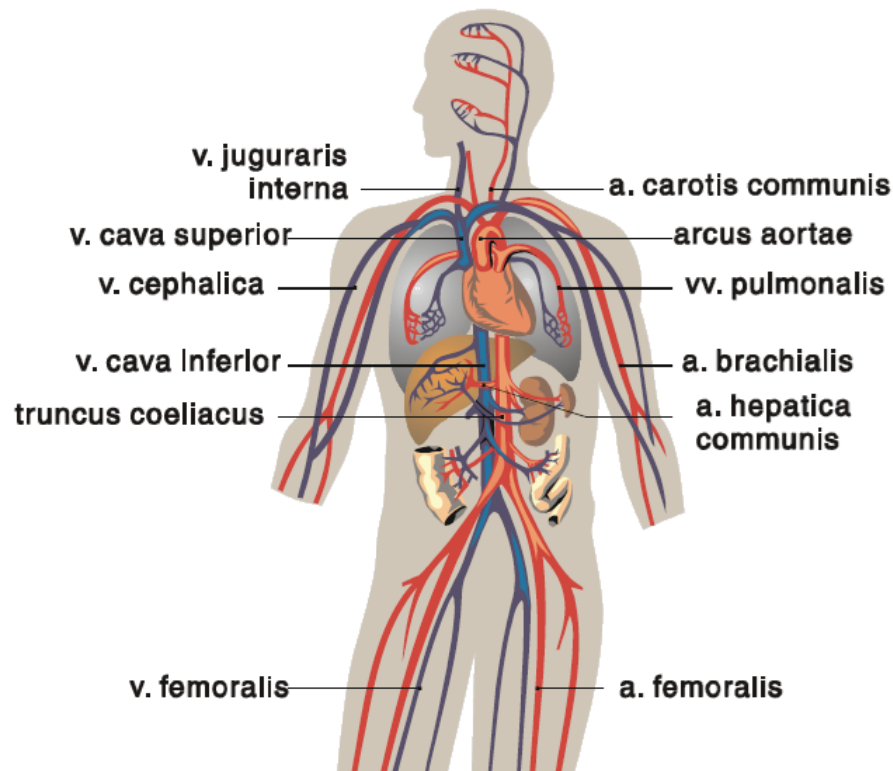


آیا می‌دانید این سیگنال نشانگر کدام اشتقاق استاندارد سیگنال ECG است؟



توصیف عملکرد قلب:

خون وریدی از بدن وارد دهلیز راست می شود؛
 از دهلیز راست به بطن راست و سپس به ریه ها فرستاده می شود؛
 در ریه ها تبادل CO_2 با O_2 انجام می گردد؛
 خون غنی از اکسیژن وارد دهلیز چپ می شود؛
 از دهلیز چپ به بطن چپ فرستاده و توسط عضلات قوی بطن چپ به کل بدن پمپ می شود.



شکل ۲-۳ عملکرد قلب

توصیف عملکرد تارهای عضلانی قلب:

انقباض یک تار عضله قلب، مشابه عضله‌های اسکلتی، توسط **پتانسیل عمل** ایجاد می‌شود که بر روی غشای سلول تار عضله منتشر می‌شود و باعث افزایش غلظت یون کلسیم (Ca^{2+}) در سیتوپلاسم می‌گردد.

عملکرد صحیح انقباض عضله قلب به کنترل دقیق انتشار تحریک در **مکان** و **زمان** بستگی دارد. این سازوکار با عضله‌های اسکلتی تفاوت دارد، زیرا در آن‌ها تمام تارهای عضلانی می‌توانند به‌طور همزمان تحریک شوند. تارهایی با توانایی انتقال سریع تحریک در قلب، مسئول کنترل مناسب انتشار تحریک هستند. بنابراین، در هر لحظه، قسمتی از قلب در حالت تحریک است، در حالی که قسمت‌های دیگر غیرفعال هستند، و این الگو با گذشت زمان تغییر می‌کند.

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

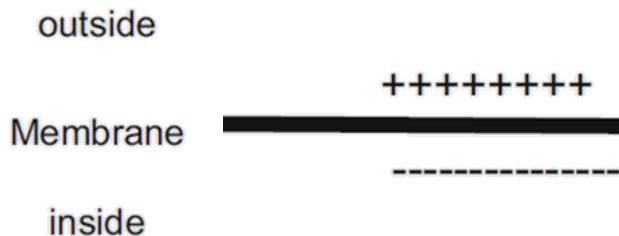
اساس ایجاد سیگنال قلبی:

وضعیت غشای سلول قلبی در حالت استراحت:

برای غشای یک تار عضله قلبی در حالت استراحت، به دلیل ویژگی‌های انتخابی غشاء در عبور دادن یون‌ها و تفاوت غلظت یون‌ها در فضای خارج سلولی و سیتوپلاسم، پتانسیل داخل نسبت به خارج غشاء حدود -80 میلی‌ولت است.

از این رو، پتانسیل خارج نسبت به داخل غشاء حدود $+80$ میلی‌ولت است.

پتانسیل بیرون نسبت به داخل : $+80\text{mV}$
unexcited



وضعیت غشای سلول قلبی با تحریک غشاء:

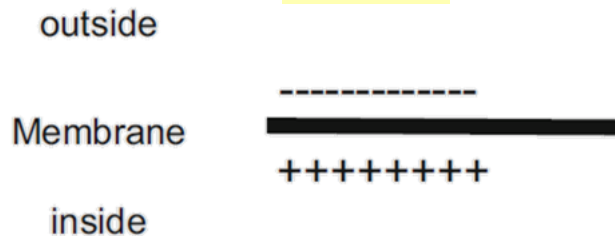
در محل تحریک، یک پتانسیل عمل ایجاد می‌شود.

طبق بحث قبلی، نسبت‌های نفوذپذیری غشا به گونه‌ای تغییر می‌کنند که غشا به طور موقت

دیپولاریزه شده و پتانسیل خارج نسبت به

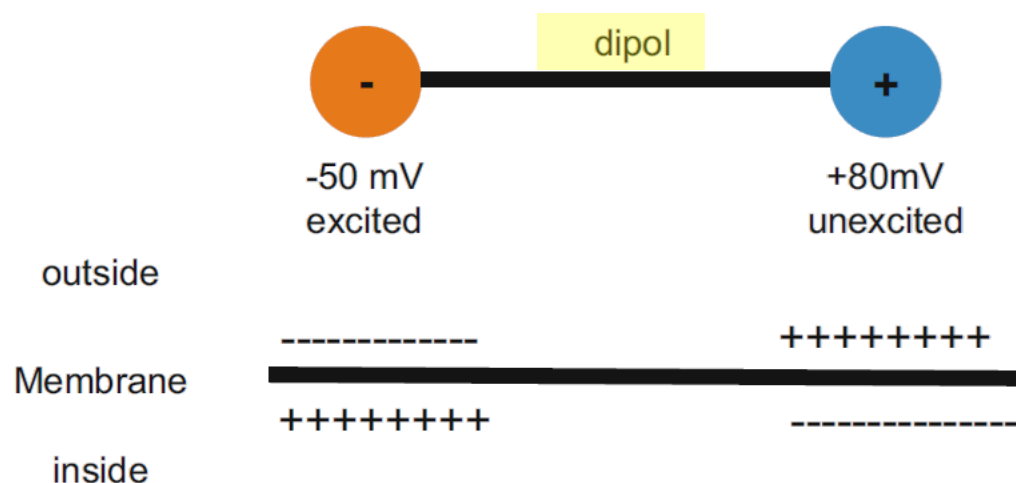
داخل غشاء، حدود -50 میلی‌ولت می‌شود.

پتانسیل بیرون نسبت به داخل : -50 mV
excited



تفسیر پتانسیل غشاء از بیرون:

اگر از بیرون نگاه کنیم، ناحیه تحریک شده نسبت به ناحیه استراحت دارای پتانسیل منفی است. یک سمت بارهای مثبت و در سمت دیگر بارهای منفی قرار دارند. با ساده سازی می توانیم این بخش از غشای سلولی را مانند یک دوقطبی الکتریکی در نظر بگیریم.



شکل ۳-۳ نمایش نمادین وضعیت لحظه ای گسترش تحریک در غشای سلول، که از بیرون قابل تفسیر به عنوان یک دوقطبی الکتریکی متغیر با زمان است. توجه کنید که قطبیت معمول در ثبتهای پزشکی سطح بدن، برعکس قطبیت معمول در نام گذاری الکتروفیزیولوژیک (داخل غشاء نسبت به بیرون آن) است.

گذار تحریک در یک تار عضلانی:

دو الکترود A و B در بیرون غشاء سلول قرار دارند و اختلاف پتانسیل ثبت می شود.

لحظه ۱: قبل از تحریک، کل بیرون غشاء هم پتانسیل است و پتانسیل B-A صفر است.

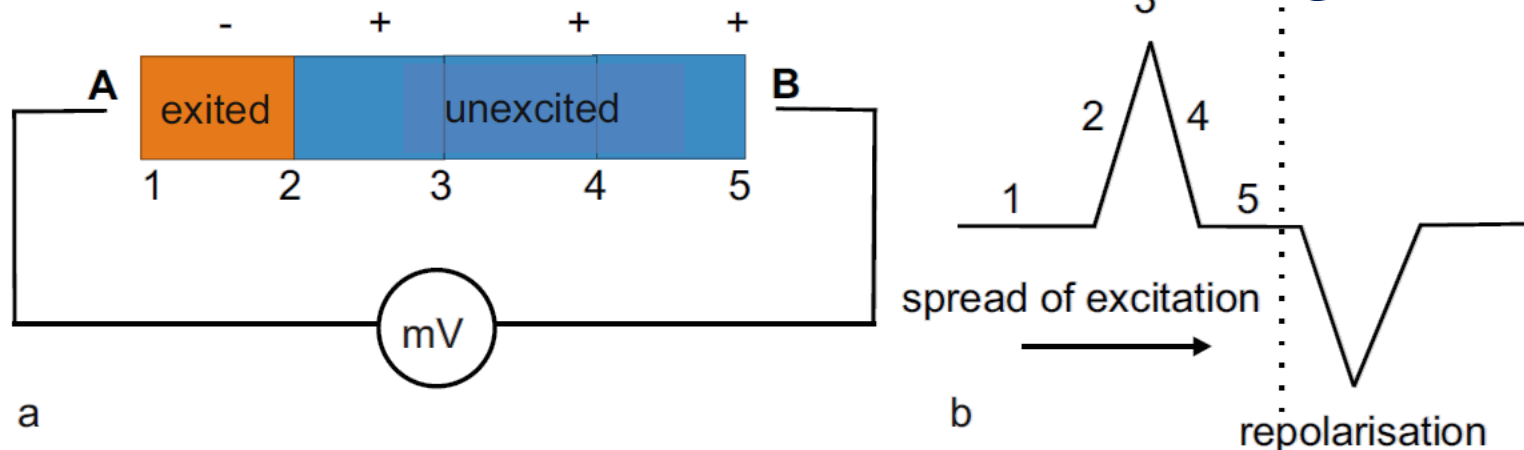
لحظه ۲: با تحریک غشاء در ناحیه A، پتانسیل B-A مثبت می شود.

لحظه ۳: با گسترش تحریک تا میانه سلول، پتانسیل B-A بیشینه می شود.

لحظه ۴: با نزدیک شدن محل تحریک به B پتانسیل B-A کاهش می یابد.

لحظه ۵: با رسیدن تحریک به الکترود B، کل بیرون غشاء هم پتانسیل و پتانسیل B-A

دوباره صفر می شود.



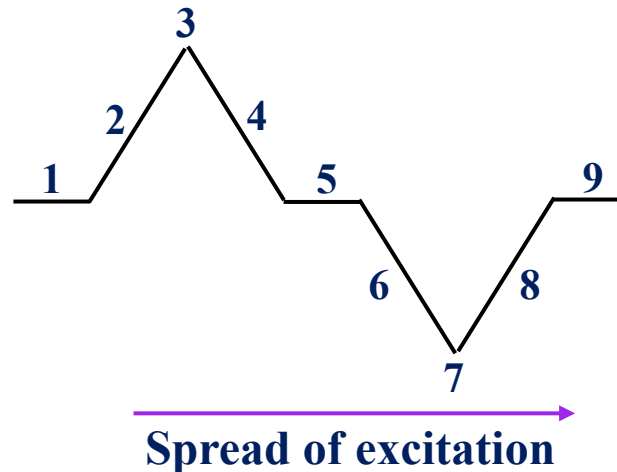
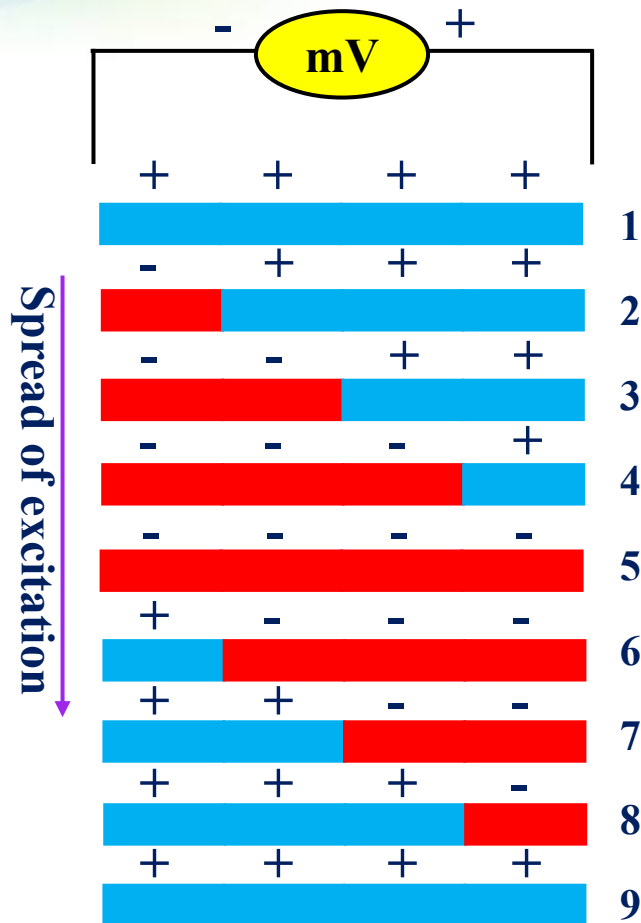
شکل ۳-۴ تار عضله به عنوان یک دوقطبی الکتریکی (a) و تغییر اختلاف پتانسیل (b)

بین دو سر تار در حین گسترش تحریک از A به B. پنج مرحله مختلف تحریک با اعداد ۱

تا ۵ مشخص شده اند.

بازترسیم شکل به شیوه‌ای گویاتر:

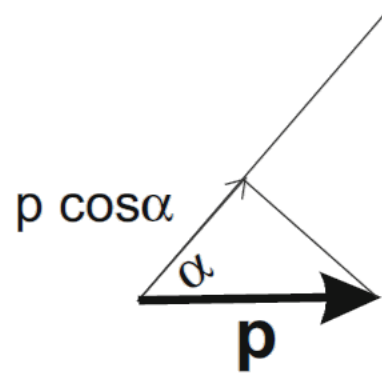
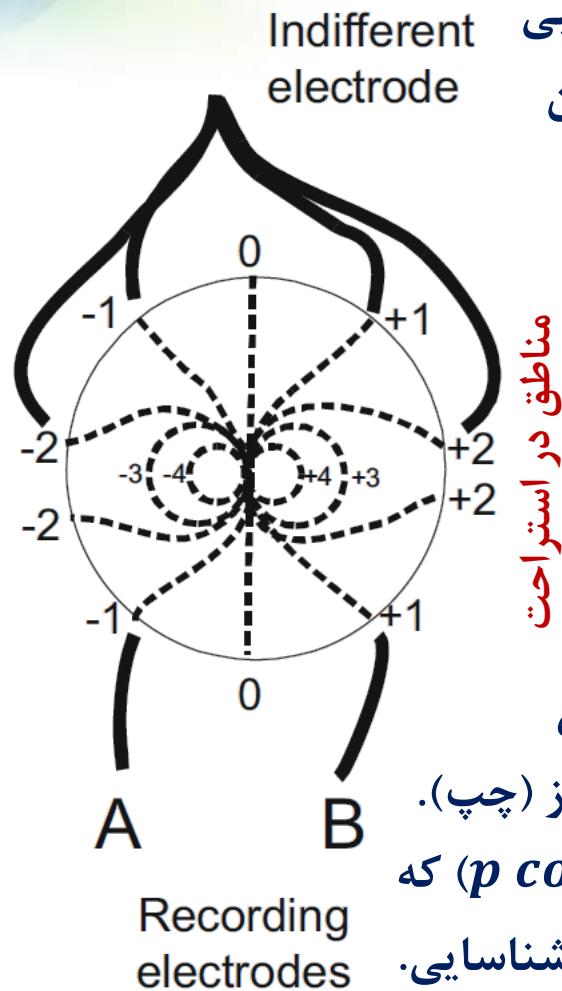
با این روش ثبت خارج سلولی، نمی‌توانیم تشخیص دهیم که آیا کل سلول در حالت استراحت است (مرحله ۱) یا کل سلول تحریک شده است (مرحله ۵).



گذار تحریک در عضله قلب:

در قلب، تحریک به صورت مشخصی در سراسر قلب گسترش می یابد.
در اینجا هم مناطق تحریک شده (منفی) در یک طرف و مناطق در استراحت (مثبت) در سمت دیگر قرار دارند.

توزیع بارها را می توان حداقل به صورت کیفی با یک دوقطبی ساده توصیف کرد که تغییراتی در زمان و جهت گیری نشان می دهد.

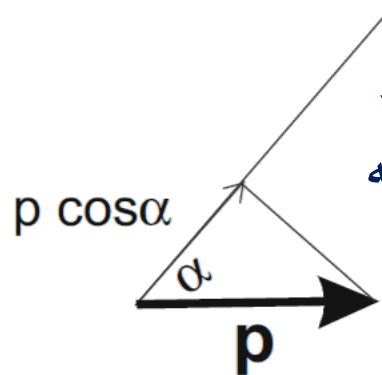
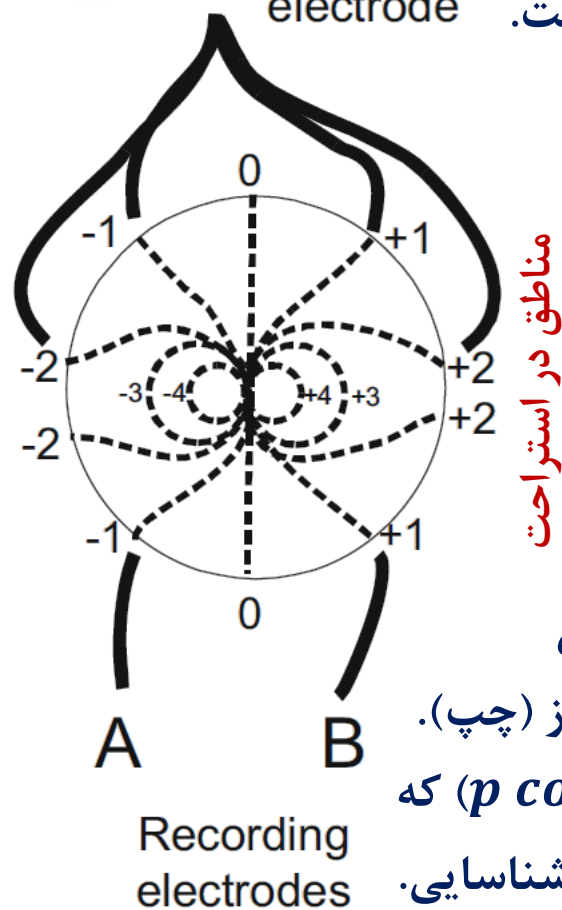


الکترودها مستقیماً با قلب در تماس نیستند بلکه روی سطح بدن قرار دارند.

شکل ۳-۵ چپ: نمایش نمادین قلب به عنوان یک دوقطبی در مرکز محفظه الکترولیت به همراه خط چین پتانسیل هم ارز (چپ). راست: دامنه دوقطبی لحظه ای در جهت اندازه گیری ($p \cos(\alpha)$) که با دوقطبی زاویه α می سازد. تصویر بردار دوقطبی بر جهت شناسایی.

یک دوقطبی p در مرکز، نماینده یک حالت خاص از تحریک قلب در بدن است. نیمه راست در استراحت و بنابراین مثبت، و نیمه چپ تحریک شده و منفی است. دوقطبی در داخل بدن قرار دارد که بدن تا حد زیادی از محلول الکترولیت تشکیل شده که با ساده سازی می توان آن به عنوان یک هادی همگن (محفظه الکترولیت) در نظر گرفت.

Indifferent
electrode



خطهای نقطه چین نشانگر خطوط همپتانسیل هستند بدان معنی که تمام نقاط روی هر خط دارای پتانسیل الکتریکی یکسانی هستند.

شکل ۳-۵ چپ: نمایش نمادین قلب به عنوان یک دوقطبی

در مرکز محفظه الکترولیت به همراه خط چین پتانسیل هم ارز (چپ). راست: دامنه دوقطبی لحظه ای در جهت اندازه گیری $(p \cos(\alpha))$ که با دوقطبی زاویه α می سازد. تصویر بردار دوقطبی بر جهت شناسایی.

Recording
electrodes

رابطه پتانسیل ثبت شده توسط الکترودها:

اگر فاصله نقطه اندازه‌گیری (محل الکتروود) از قلب (r) بسیار بیشتر از اندازه منبع جریان قلب (a) باشد (یعنی $r \gg a$) می‌توان کل فعالیت الکتریکی قلب را به صورت یک «بردار دوقطبی» توصیف کرد.

با فرض‌های (۱) محیط همگن نامتناهی و (۲) $r \gg a$ ، رابطه پتانسیل ثبت شده توسط الکترودها به صورت زیر است:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{p \cos(\alpha)}{r^2}$$

پتانسیل ثبت شده :

ϵ_0 : ضریب گذردهی خلاء

ϵ : ضریب گذردهی نسبی محیط الکترولیتی بدن

p : اندازه بردار دوقطبی قلب. هرچه اختلاف پتانسیل بین نواحی تحریک‌شده و تحریک نشده بیشتر باشد اندازه بردار دوقطبی بزرگ‌تر می‌شود. اگر دو بار q با فاصله a از هم در

نظر بگیریم خواهیم داشت: $p = qa$



α : زاویه بین «دوقطبی قلب» و «راستای الکترودهای اندازه‌گیری»

r : فاصله بین مرکز دوقطبی تا نقطه اندازه‌گیری روی سطح پوست

قلب که یک عضو پیچیده با میلیون‌ها سلول است به عنوان یک بردار دوقطبی در نظر گرفته می‌شود که اندازه و جهت این بردار قلبی نشان دهنده فعالیت الکتریکی در قلب است.

این فرضیات، اگرچه برای توصیف دقیق عملکرد قلب در بدن صادق نیستند، اما برای یک توصیف کیفی، کافی و مناسب هستند. پتانسیل بین دو نقطه روی سطح با تصویر کردن بردار دوقطبی بر روی جهت ثبت، تعیین می‌شود.

پتانسیل ثبت شده :
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{p \cos(\alpha)}{r^2}$$

هرچه فاصله «الکترودهای اندازه‌گیری» از «دوقطبی قلب» بیشتر شود پتانسیل ثبت شده کمتر می‌شود.

اگر «دوقطبی قلب» و «الکترودهای اندازه‌گیری» هم‌راستا باشند $\cos(\alpha) = 1$ است و بیشترین پتانسیل ثبت می‌شود و اگر برهم عمود باشند $\cos(\alpha) = 0$ است و پتانسیل ثبت شده صفر می‌شود.

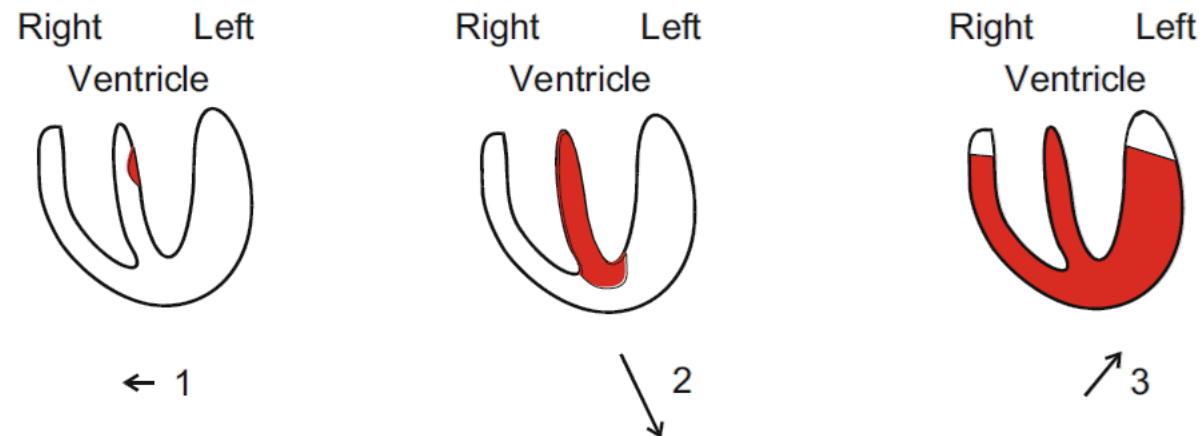
فعال سازی ماهیچه قلب:

در طی فرآیند تحریک در قلب، اندازه و جهت بردار دوقطبی قلب با گذشت زمان تغییر می کند و این تغییرات به صورت همگام با چرخه قلب اتفاق می افتد. در ادامه می خواهیم تغییرات بردار را طی انقباض بطن توصیف کنیم. فرآیند تحریک که از گره سینوسی آغاز شده است در بطن، از دیواره میان بطن چپ (سپتوم) شروع می گردد (بردار ۱)، در ادامه تحریک به نوک قلب می رسد (بردار ۲) و انتشار در تمام بطن ها (بردار ۳).

اندازه بردار در ابتدا کوچک است (بردار ۱) در ادامه به دلیل جرم زیاد عضلات قلب افزایش می یابد (بردار ۲) و سپس وقتی تقریباً تمام قلب فعال می شود دوباره کوچک می گردد (۳). وقتی کل بطن در استراحت است اندازه بردار قلبی صفر است و وقتی کل بطن فعال می شود نیز اندازه بردار صفر است.

شکل ۳-۶ گسترش

تحریک در بطن های قلب. پیکان ها اندازه و جهت بردار دوقطبی قلب در سه مرحله مختلف را نشان می دهند.



اختلاف پتانسیل ثبت شده از سطح بدن:

نوک بردار در یک حلقه حرکت می کند که **حلقه دوقطبی** نامیده می شود.
یک تکنیک ثبت معمول، اندازه گیری پتانسیل در پای چپ نسبت به الکتروود مرجع (indifferent) است که از الکتروودهای هر دو بازو تشکیل شده است.

اختلاف پتانسیل ثبت شده بین پای چپ و الکتروود مرجع، با **تصویر کردن بردار دوقطبی بر روی جهت ثبت**، که با خط چین نشان داده شده، به دست می آید.

سیگنال حاصل شامل سه قله R ، Q و S است. در یک نوار قلب طبیعی، امواج P و T نیز وجود دارند که به فعال سازی دهلیزها و ریپولاریزاسیون بطنها مربوط می شوند.

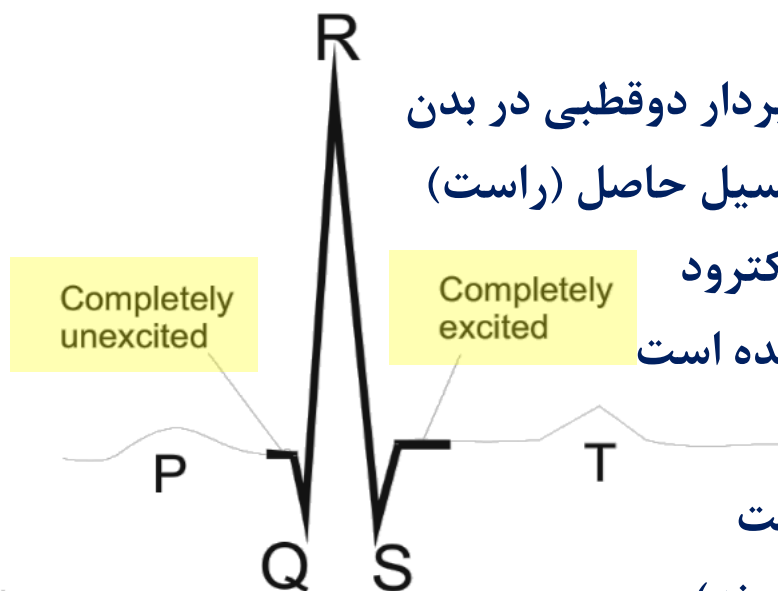
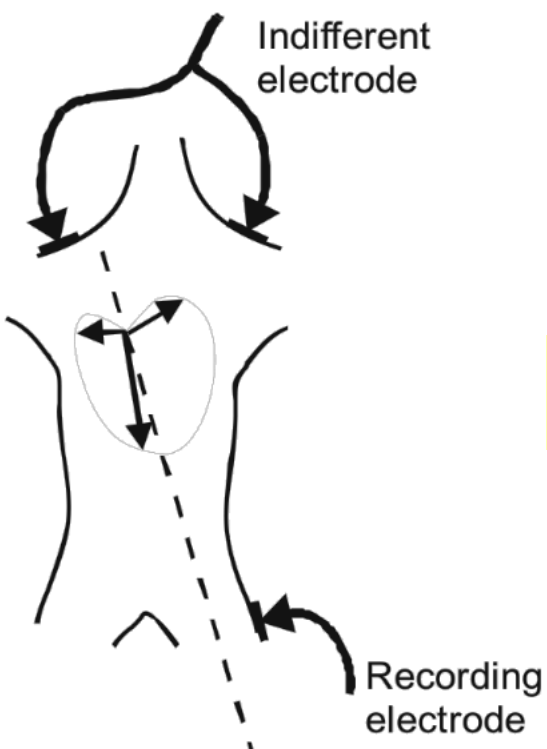
شکل ۳-۶ حرکت بردار دوقطبی در بدن

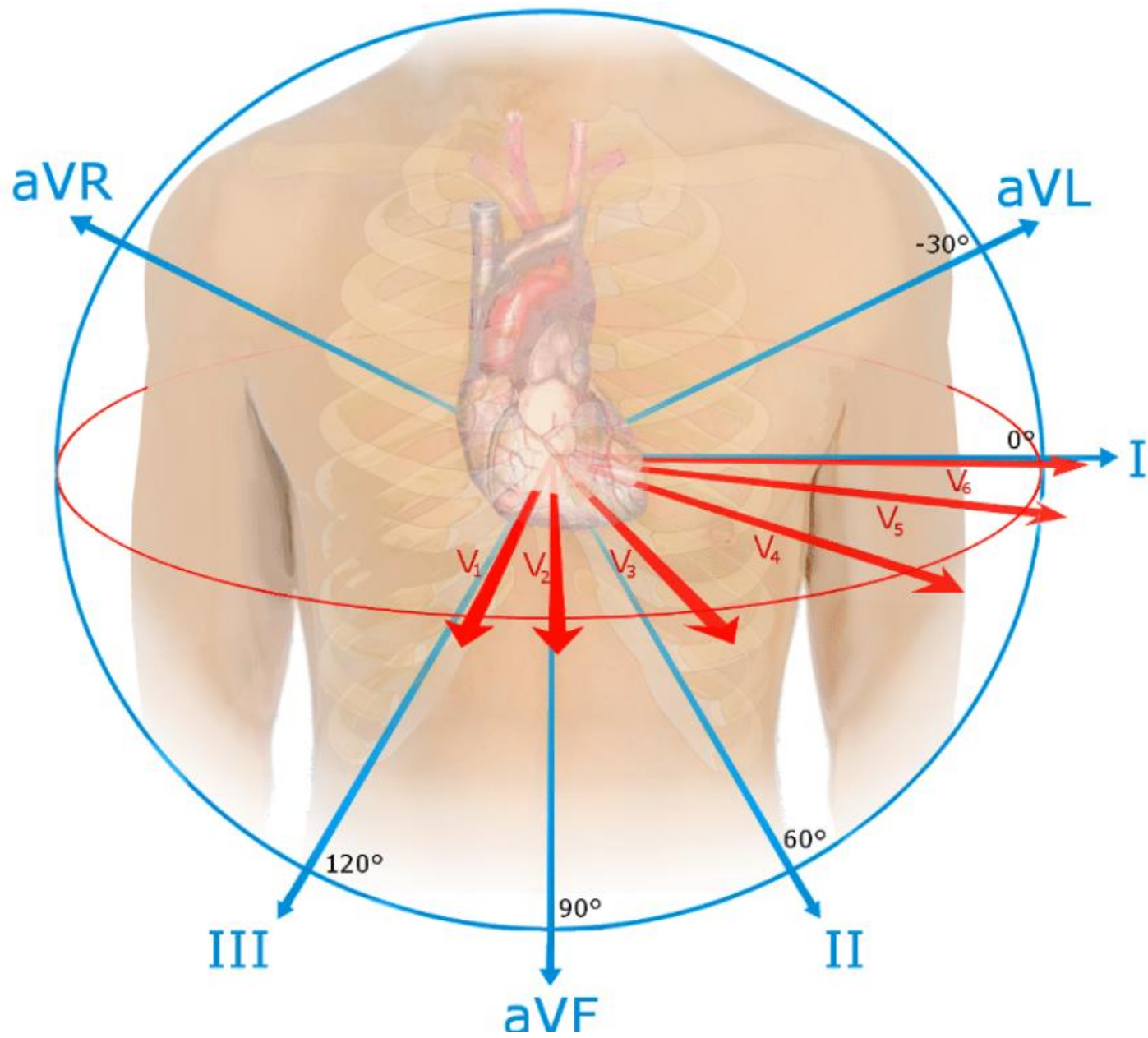
(چپ) و اختلاف پتانسیل حاصل (راست)

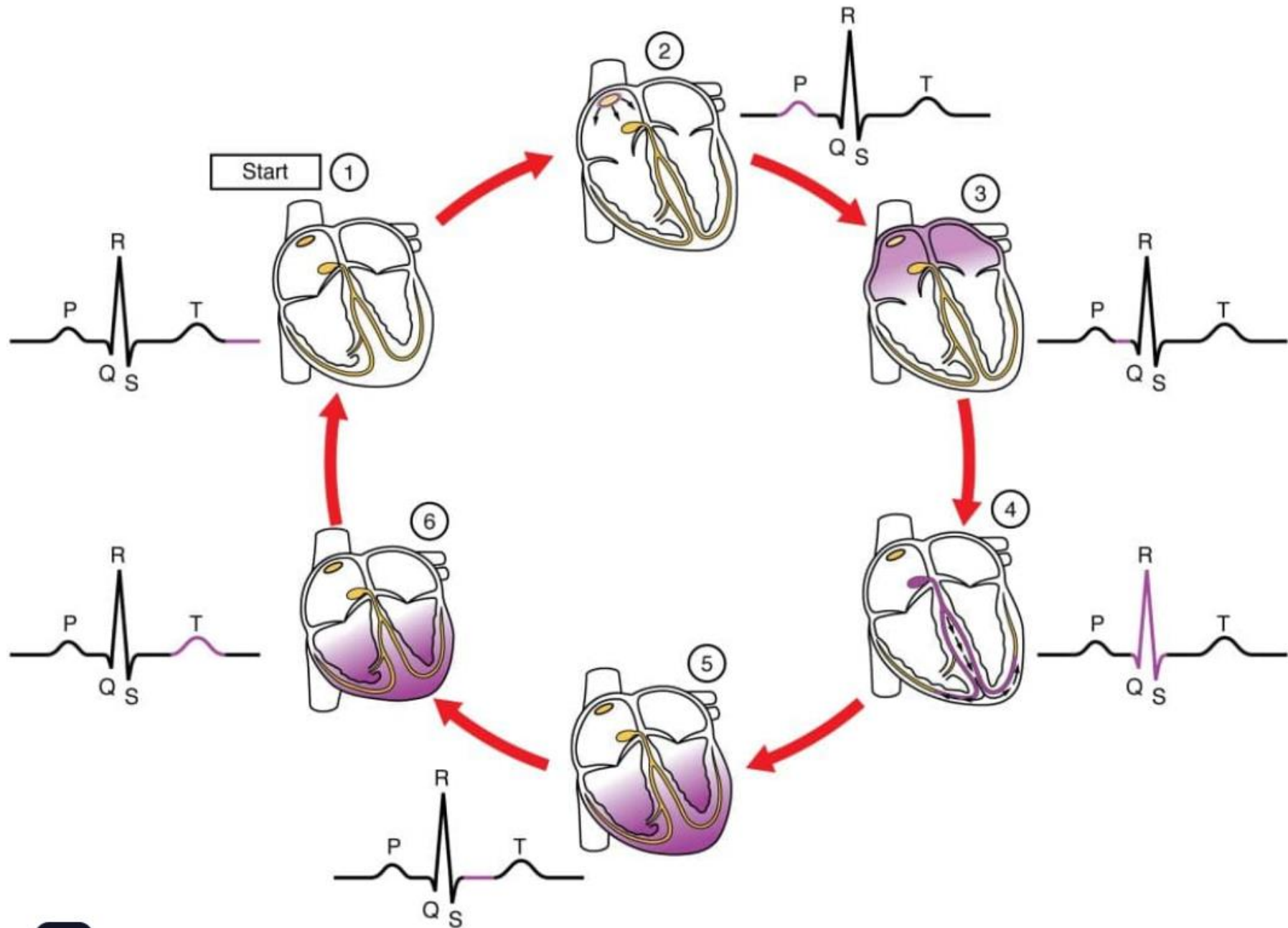
که بین پای چپ و الکتروود مرجع اندازه گیری شده است (در واقعیت،

الکتروودها در مچ دست

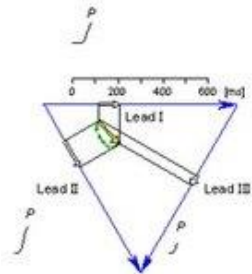
و قوزک پا قرار می گیرند).



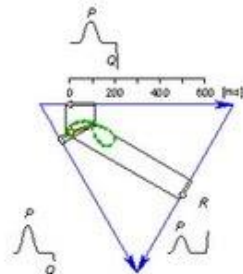




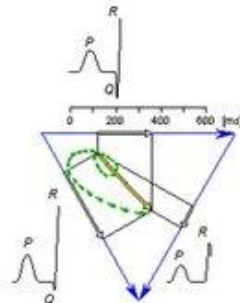
APICAL
DEPOLARIZATION
80 ms



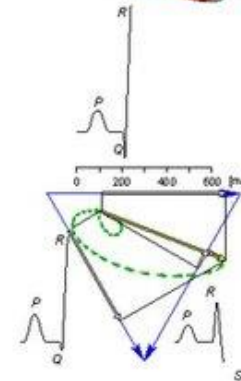
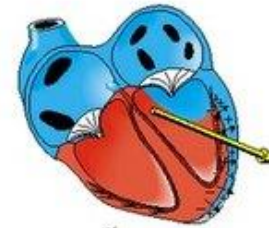
SEPTAL
DEPOLARIZATION
220 ms



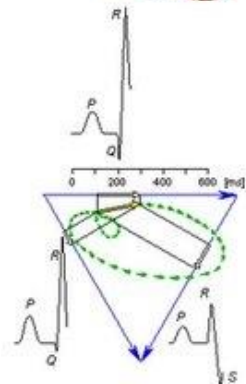
APICAL
DEPOLARIZATION
230 ms



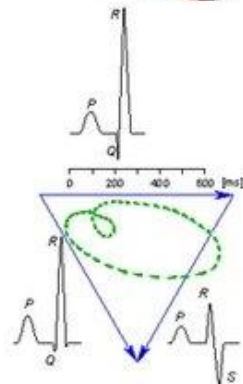
LEFT VENTRICULAR
DEPOLARIZATION
240 ms



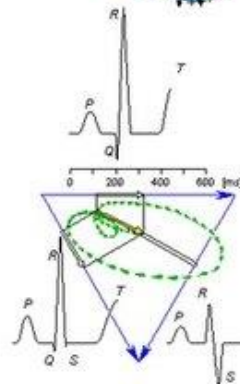
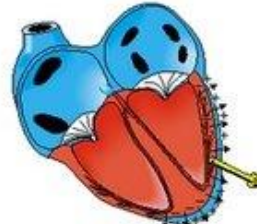
LATE LEFT VENTRICULAR
DEPOLARIZATION
250 ms



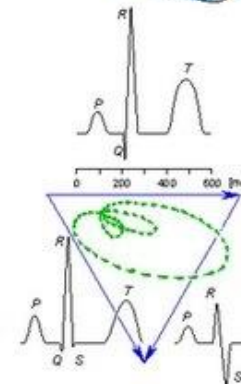
VENTRICLES
DEPOLARIZED
350 ms



VENTRICULAR
REPOLARIZATION
450 ms

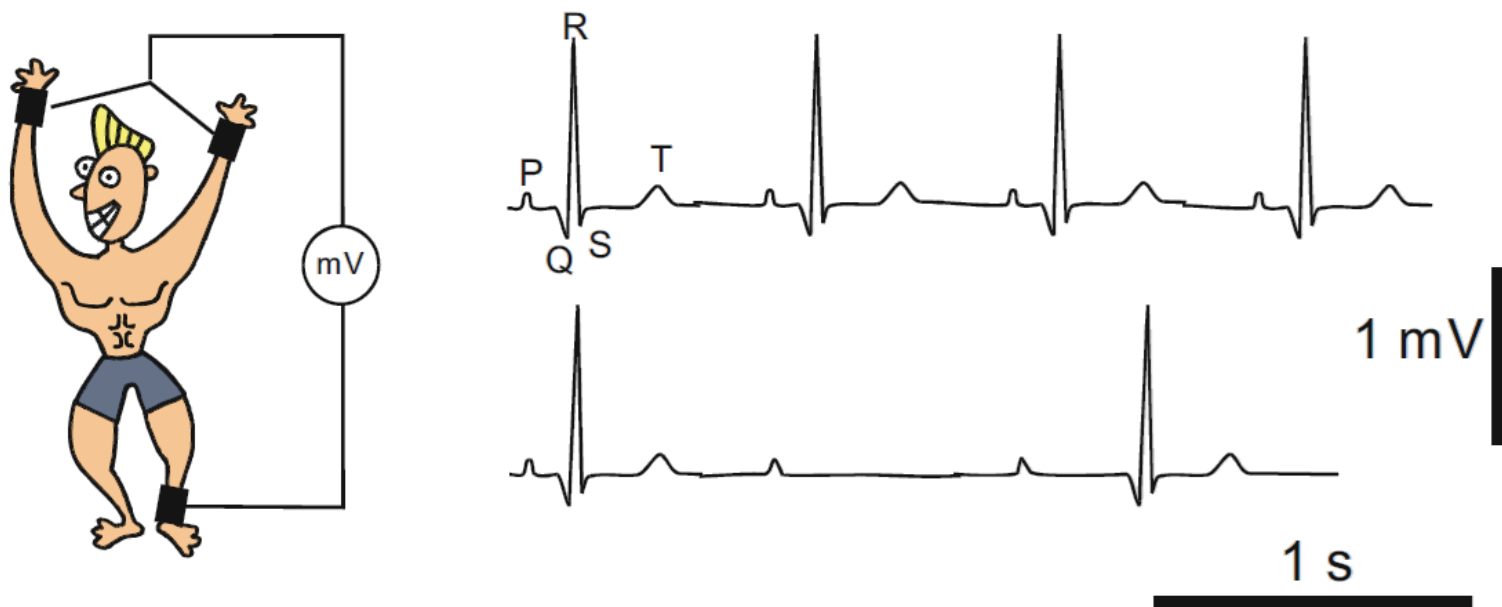


VENTRICLES
REPOLARIZED
600 ms



آریتمی‌های قلبی در نوار قلب:

ناهنجاری‌ها در انتشار تحریک قلبی را می‌توان از نوار قلب معمولی استنباط کرد. مثلاً در **بلوک دهلیزی-بطنی**، فعالیت خودکار بطن‌ها که توسط گره دهلیزی-بطنی تنظیم می‌شود با نرخی پایین‌تر از امواج P رخ می‌دهد.



شکل ۱-۳ تغییرات پتانسیل قلبی (ECG) نمادین ثبت شده از یک فرد که با هر بار ضربان قلب تکرار می‌شود. در نوار بالا، امواج طبیعی (نرمال) PQRST و در نوار پایین، امواجی در حضور **بلوک دهلیزی-بطنی** مشاهده می‌گردد.

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

در این بخش، صرفاً به سه نمونه اشاره می‌کنیم تا نشان دهیم ثبت سیگنال‌ها از بافت‌ها چگونه می‌تواند به درک بهتر فرایندهای الکتروفیزیولوژیک کمک کند.

❖ ثبت الکتریکی درون قلبی

❖ محفظه اوسینگ

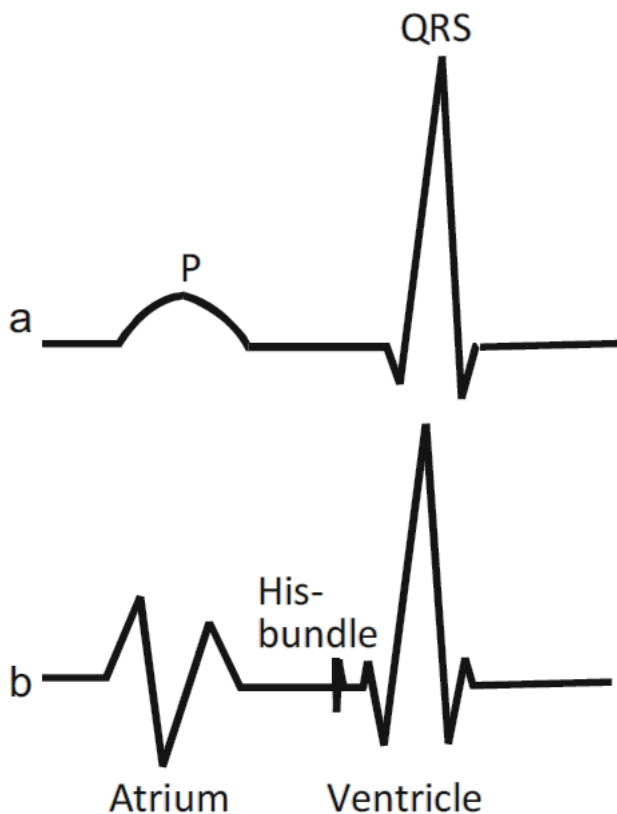
❖ ثبت سیگنال از درون مغز

❖ ثبت پتانسیل‌های میدان خارج سلولی با آرایه‌های چندالکترودی

ثبت الکتریکی درون قلبی (Intracardiac electrogram):

اطلاعات دقیق تر در مورد خصوصیات الکتریکی قلب تپنده که در بخش قبل بررسی شد، از طریق الکترودهایی که از طریق کاتترها به داخل قلب هدایت می شوند قابل دستیابی است. این ثبت الکتریکی درون قلبی جزئیات بسیار بیشتری نسبت به ECG معمولی ارائه می دهد.

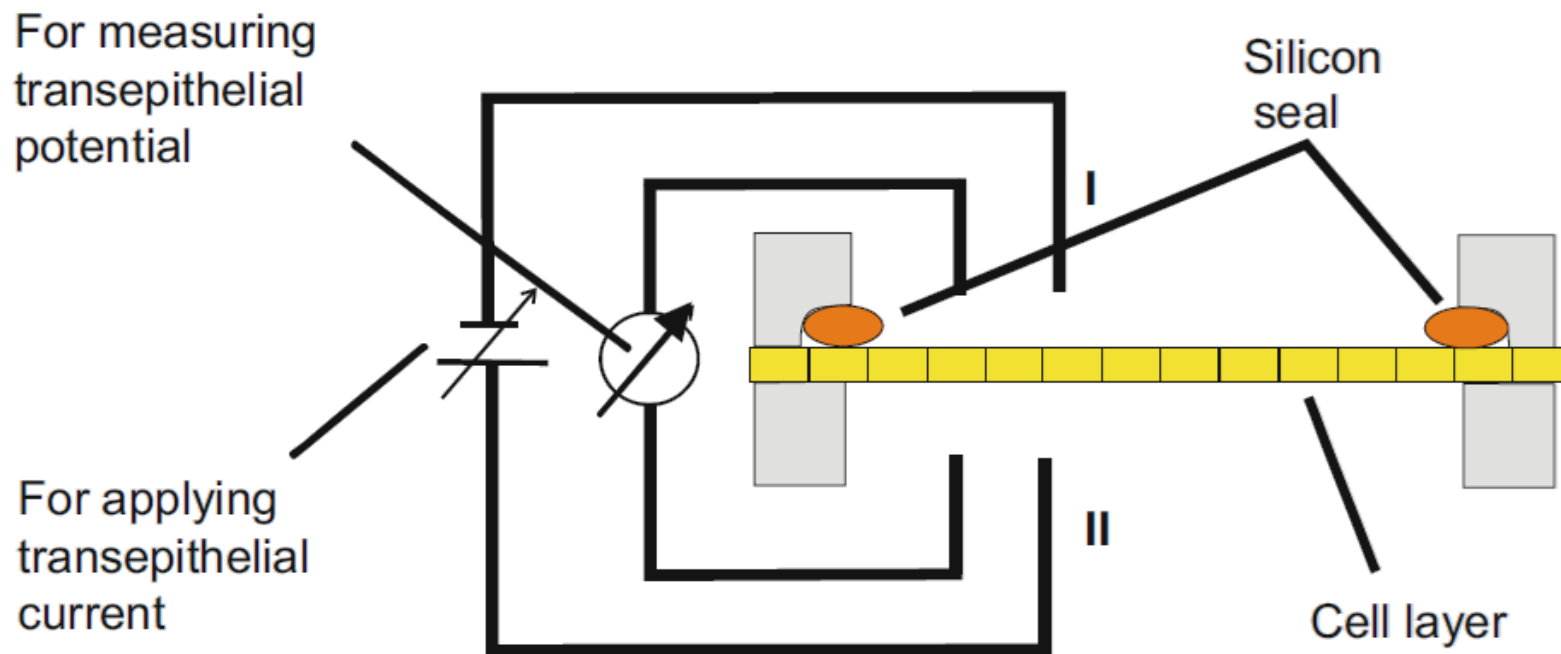
قصد ما تجزیه و تحلیل جزئیات نیست، بلکه این موضوع را به عنوان مثالی مطرح می کنیم که تماس مستقیم الکترودها با بافت، اطلاعات بیشتری را در اختیارمان قرار می دهد.



شکل ۸-۳ ترسیمه شماتیک یک ECG متداول با
 امواج P و QRS (a) در مقابل یک ثبت الکتریکی
 درون قلبی با موج P تفکیک شده تر (b)

محفظه اوسینگ (The Ussing chamber):

در موضوع ثبت از بافت لازم است به روش کلاسیک «محفظه اوسینگ» اشاره کرد که امکان کسب اطلاعات پایه در مورد عملکرد لایه‌های سلول اپی تلیال (epithelial cell layer) را فراهم می‌سازد.



شکل ۳-۹ محفظه اوسینگ با یک تکه لایه سلولی که دو محفظه I و II را توسط واشرهای سیلیکونی جدا می‌کند و دارای الکترودهایی برای تحریک جریان و ثبت پتانسیل است.

بیشتر بدانیم: اصطلاح اپی تلیال:

واژه «اپی تلیال» (Epithelial) ریشه یونانی دارد و اجزای آن شامل:

Epi به معنای «روی» یا «بالای»

Thelio به معنای «پوشش» یا «لایه»

است. بنابراین، «اپی تلیال» به معنای «لایه رویی» یا «پوشش رویی» است.

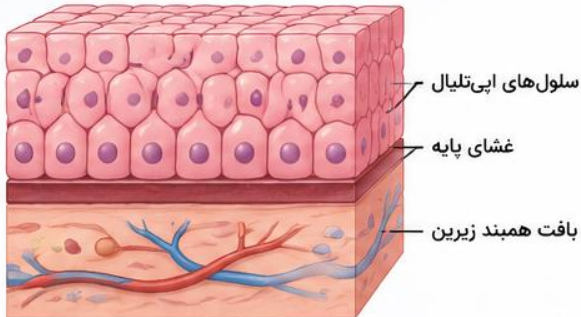
ویژگی‌های الکتریکی سلول‌های اپی تلیال ناشی از انتقال انتخابی یون‌ها (توسط کانال‌های یونی و پمپ‌های یونی) از عرض اپی تلیوم است نه از پتانسیل عمل عصبی یا عضلانی.

به دلیل فعالیت کانال‌های یونی و پمپ‌های یونی در لایه اپی تلیال، یک اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سمت لایه شکل می‌گیرد که اصطلاحاً **transepithelial potential** نامیده می‌شود.

سلول‌های اپیتلیال و انواع آن از دیدگاه عملکردی

سلول‌های اپیتلیال سلول‌هایی هستند که سطوح خارجی بدن و سطوح داخلی اندام‌ها و حفره‌های بدن را می‌پوشانند و با کنار هم قرار گرفتن، بافت پوششی (اپیتلیوم) را تشکیل می‌دهند.

ساختار کلی اپیتلیوم



وظایف اصلی اپیتلیوم

محافظت: ایجاد سد در برابر آسیب، میکروب‌ها و مواد شیمیایی

جذب: جذب مواد غذایی و آب

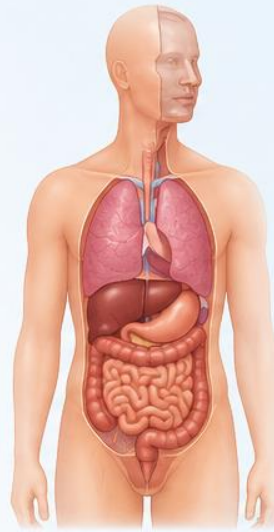
ترشح: تولید و ترشح موادی مانند مخاط، آنزیم‌ها و هورمون‌ها

انتقال مواد: کمک به جابه‌جایی مواد در برخی اندام‌ها

حس کردن: دریافت محرک‌های محیطی (در برخی نواحی)

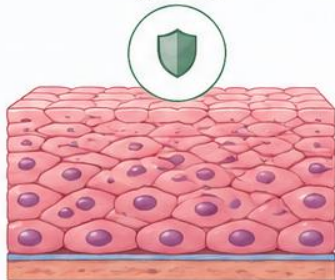
محل قرارگیری اپیتلیوم

- پوست (اپیدرم)
- دهان و حفره دهانی
- مری، معده و روده‌ها
- راه‌های تنفسی
- مجاری ادراری و تناسلی
- غدد و مجاری ترشحی



انواع سلول‌های اپیتلیال از دیدگاه عملکردی

۱. اپیتلیوم پوششی (محافظتی)



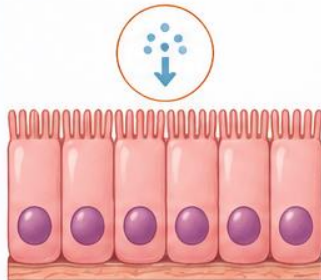
وظیفه اصلی: محافظت از بافت‌های زیرین در برابر سایش، آسیب و ورود میکروب‌ها

مثال:

پوست (اپیدرم)



۲. اپیتلیوم جذبی



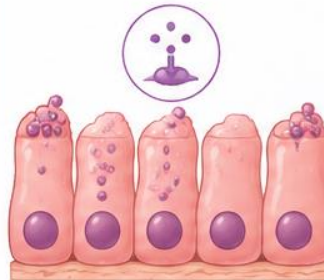
وظیفه اصلی: جذب مواد غذایی، آب و الکترولیت‌ها از محیط

مثال:

روده باریک



۳. اپیتلیوم ترشحی



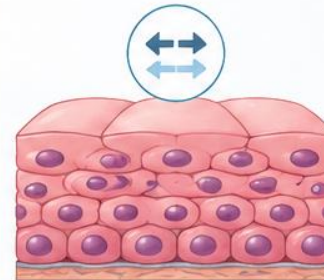
وظیفه اصلی: تولید و ترشح موادی مانند مخاط، آنزیم‌ها، هورمون‌ها و عرق

مثال:

غدد بزاقی



۴. اپیتلیوم انتقالی



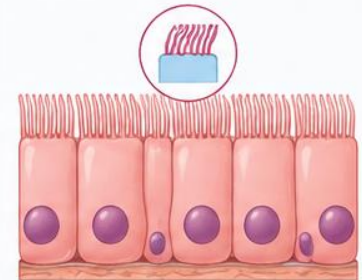
وظیفه اصلی: نقابلیت کشسانی و تغییر شکل برای تطابق با میزان حجم اندام

مثال:

مثانه ادراری



۵. اپیتلیوم مژکدار



وظیفه اصلی: حرکت دادن مواد روی سطح، مانند مخاط و ذرات معلق

مثال:

نای و برونش‌ها

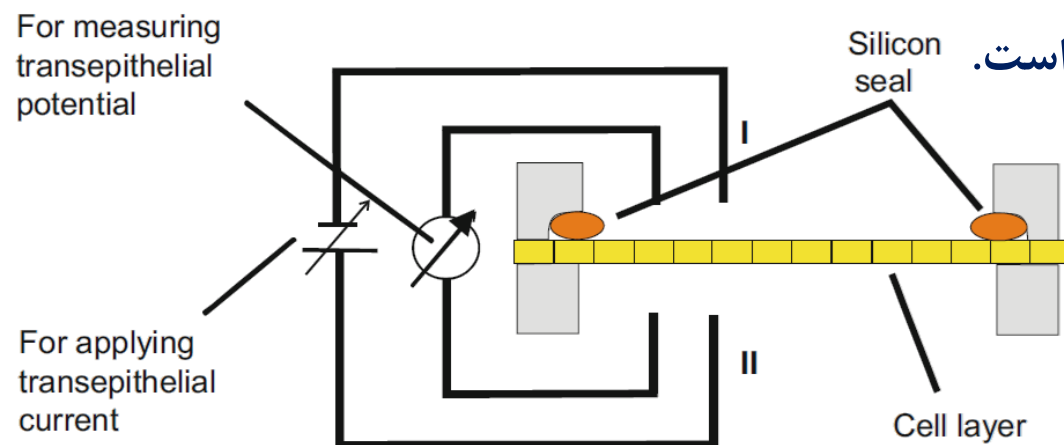


نکته: بسیاری از اپیتلیوم‌ها ممکن است بیش از یک عملکرد داشته باشند: به عنوان مثال اپیتلیوم روده علاوه بر جذب، ترشح نیز انجام می‌دهد.

با استفاده از محفظه اوسینگ، می توان اختلاف پتانسیل در دو سمت لایه سلول اپی تلیال را اندازه گیری کرد.

همچنین، می توان پالس های جریان را اعمال کرد و تغییرات پتانسیل حاصل از آن را اندازه گیری کرد. روش متداول، اندازه گیری جریانی است که برای **کلمپ** پتانسیل **transepithelial** به صفر میلی ولت لازم است.

در صورتی که محلول های یکسانی در دو طرف لایه قرار داشته باشند، انتظار می رود نیازی به **جریان نگهدارنده (holding current)** نباشد. وجود جریان (**جریان اتصال کوتاه**) بیانگر انتقال فعال و الکتروژنیک است.



جریان نگهدارنده: جریانی که برای نگه داشتن پتانسیل در صفر میلی ولت اعمال می شود.

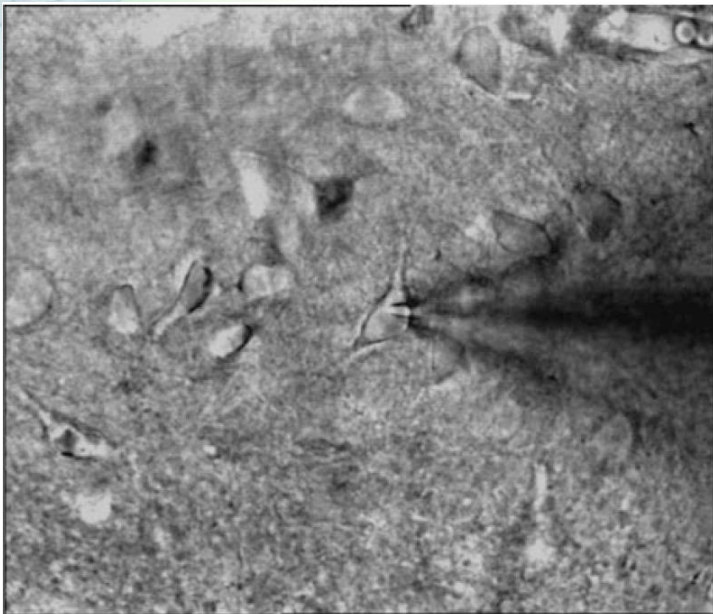
جریان اتصال کوتاه: چون پتانسیل در این شرایط صفر می شود.

انتقال فعال: انتقال برخلاف گرادیان غلظت که نیازمند انرژی برای انتقال است.

انتقال الکتروژنیک: انتقال همراه با جابجایی بار الکتریکی

ثبت سیگنال از درون مغز:

کاشت الکترودها در نقاط خاص مغز نیز اطلاعات دقیق تری درباره فعالیت الکتریکی آن در مقایسه با قرار دادن الکترودها روی جمجمه ارائه می دهد. برای درک عملکرد مغز، کاربرد تکنیک های ولتاژ کلیمپ (voltage-clamp) بر روی تک سلول ها در برش های مغزی به روشی قدرتمند بدل شده است. مثل شکل روبرو:



شکل ۱۰-۳ نورون از ناحیه خاکستری

periaqueductal مغز موش، متصل به
patch pipette



periaqueductal grey area ناحیه ای از ماده خاکستری در مغز میانی (ساقه مغز) است

که اطراف مجرای مغزی قرار دارد و نقش مهمی در مهار درد و پاسخ های دفاعی دارد.

patch pipette به معنای ایجاد یک اتصال «وصله مانند» بین نوک پیپت و غشای سلول

است که امکان اندازه گیری دقیق جریان های یونی عبوری از کانال های غشایی را فراهم می کند.

بیشتر بدانیم: ناحیه PAG

ناحیه **periaqueductal grey** یا PAG یک ناحیه مهم در ساقه مغز است که در اطراف مجرای آکوئداکت مغز (cerebral aqueduct) قرار دارد.

این ناحیه در بسیاری از عملکردهای حیاتی نقش دارد، از جمله:

کنترل درد: مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نقش PAG، تنظیم و تعدیل سیگنال‌های درد است. این ناحیه می‌تواند با فعال کردن مسیرهای کاهنده درد، احساس درد را کاهش دهد. **رفتارهای دفاعی:** PAG در پاسخ به تهدیدات، رفتارهای دفاعی مانند انجماد، فرار یا حمله را هماهنگ می‌کند.

تنظیم اضطراب و ترس: PAG در مدارهای عصبی مربوط به اضطراب و ترس نقش دارد و می‌تواند بر پاسخ‌های استرس تأثیر بگذارد.

رفتارهای مادری: در برخی از گونه‌ها، PAG در رفتارهای مادری مانند مراقبت از نوزادان نقش دارد.

تنظیم خواب و بیداری: PAG در تنظیم چرخه خواب و بیداری نیز دخیل است.

اگرچه تحقیقات بیشتر بر روی موش انجام شده است، اما PAG در انسان نیز ساختار و عملکرد مشابهی دارد. بنابراین، درک بهتر PAG در موش می‌تواند به توسعه درمان‌های جدید برای درد مزمن، اضطراب، ترس و سایر اختلالات عصبی در انسان کمک کند.

با این روش، می توان سیگنال های الکتریکی تک سلول هایی را که هنوز در شبکه نورونی جای دارند، ثبت کرد. این موضوع امکان مطالعه تعاملات بین نورون ها در شبکه های نورونی پیچیده **مهره داران بالا** را فراهم کرده است.

اگرچه این موضوع مستقیماً مرتبط با الکتروفیزیولوژی نیست، اما لازم به ذکر است که تغییرات در فعالیت الکتریکی نورونی با تغییرات میدان های مغناطیسی در محدوده fT همراه است؛ این تغییرات در مقایسه با میدان مغناطیسی در محدوده μT در سطح زمین بسیار کوچک هستند. با این حال، این تغییرات کوچک در میدان مغناطیسی قابل تشخیص توسط دستگاه های تداخل کوانتومی ابررسانا (**SQUIDs**) هستند و پایه مگنتوانسفالوگرافی (**MEG**) را تشکیل می دهند.

مهره داران بالا: به مهره دارانی اشاره دارد که از نظر تکاملی پیچیده تر هستند، مانند پستانداران و پرندگان. در مقابل، **مهره داران پایین** مانند ماهی ها و دوزیستان قرار دارند.

SQUIDs: Superconductance Quantum Interference Devices

MEG: magnetoencephalography

یادآوری: پیشوندهای SI

پیشوند	نماد	ضریب
Deca	Da	10^1
Hecto	H	10^2
Kilo	K	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}
Peta	P	10^{15}
Exa	E	10^{18}
Zetta	Z	10^{21}
Yotta	Y	10^{24}

پیشوند	نماد	ضریب
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Milli	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}
Zepto	z	10^{-21}
Yokto	y	10^{-24}

بیشتر بدانیم: SQUIDs

دستگاه‌های تداخل کوانتومی ابررسانا (SQUIDs) تجهیزات بسیار حساسی هستند که برای اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف به کار می‌روند. آنها به دمای بسیار پایین (معمولاً نزدیک به صفر مطلق) نیاز دارند تا به درستی کار کنند.

این دستگاه از اجزای اصلی حلقه‌های ابررسانا، **اتصالات جوزفسون** و **حسگر خروجی** تشکیل می‌شود. **حلقه‌های ابررسانا** از مواد ابررسانا ساخته شده‌اند که در دماهای بسیار پایین مقاومت الکتریکی صفر دارند. در این حلقه‌ها، **اتصالات جوزفسون** وجود دارند که از دو ابررسانا با یک لایه نازک عایق تشکیل شده‌اند و به جریان الکتریکی اجازه می‌دهند تا از طریق اثر تونل‌زنی کوانتومی عبور کند. **حسگر خروجی** نیز تغییرات جریان یا ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند.

نحوه عملکرد: وقتی یک میدان مغناطیسی خارجی به SQUID اعمال می‌شود، جریان الکتریکی در حلقه‌های ابررسانا تغییر می‌کند. این تغییر جریان به دلیل پدیده تداخل کوانتومی است که در حلقه‌های ابررسانا رخ می‌دهد.

دستگاه‌های تداخل کوانتومی ابررسانا (SQUID)

حسگرهای فوق حساس میدان مغناطیسی بر پایه پدیده تداخل کوانتومی در حلقه‌های ابررسانا

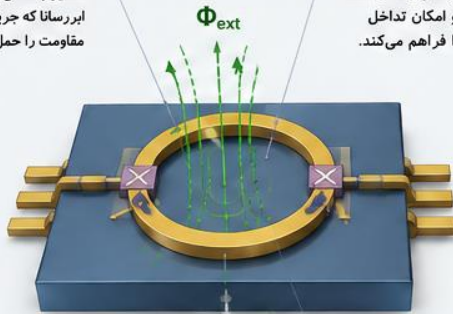
1. اجزای سازنده

حلقه ابررسانا

مسیر بسته‌ای از جنس ابررسانا که جریان بدون مقاومت را حمل می‌کند.

اتصالات جوزفسون

دو پیوند جوزفسون که در حلقه قرار دارند و امکان تداخل کوانتومی را فراهم می‌کنند.



ورودی شار مغناطیسی (Φ_ext)

میدان مغناطیسی خارجی که از سطح حلقه عبور کرده و شار مغناطیسی را ایجاد می‌کند.

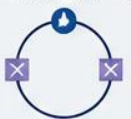
پایه و اتصالات

اتصالات الکتریکی برای بایاس جریان و اندازه‌گیری ولتاژ خروجی.

انواع رایج SQUID

dc-SQUID

دو پیوند جوزفسون در یک حلقه



rf-SQUID

یک پیوند جوزفسون به همراه سلف در حلقه



مواد مورد استفاده

نیوبوم



ابررسانای رایج

NbTi



سیم‌ها و لایه‌های ابررسانا

Al/Al₂O₃/Al



ساختارهای پیوند جوزفسون

زیرلایه عایق

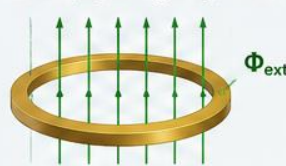


مانند SiO₂

2. نحوه عملکرد

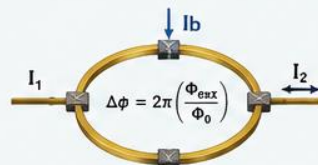
1 اعمال میدان مغناطیسی خارجی (B)

میدان مغناطیسی از سطح حلقه عبور کرده و شار مغناطیسی ایجاد می‌کند.



2 تقسیم جریان و تداخل کوانتومی

جریان بایاس (I_b) در دو مسیر تقسیم می‌شود. به دلیل فاز کوانتومی زوج‌های کوپر، اختلاف فاز بین دو مسیر به شار مغناطیسی وابسته است.

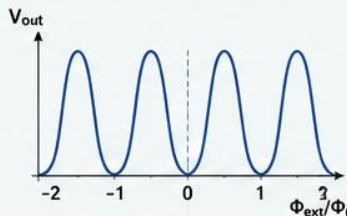


شار کوانتومی Φ₀:

$$\Phi_0 = \frac{h}{2e} \approx 2.07 \times 10^{-15} \text{ Wb}$$

3 تبدیل تداخل به سیگنال ولتاژ

تداخل سازنده با مغرب جریان بحرانی حلقه را تغییر می‌دهد. به عبور جریان بایاس از مقدار بحرانی، ولتاژ خروجی ظاهر می‌شود.



V_{out} به صورت تناوبی با شار مغناطیسی تغییر می‌کند.

حساسیت بسیار بالا:

$$10^{-18} - 10^{-19} \text{ T/Hz}$$

(بسته به طراحی و دما)

ویژگی‌های کلیدی عملکرد



عملکرد در دمای بسیار پایین (معمولاً 1-4 K)



حساسیت فوق‌العاده بالا به میدان مغناطیسی



پاسخ طیفی وسیع (DC تا چندین GHz)



تویر بسیار کم و پایداری بالا

3. کاربردها

تصویربرداری مغناطیسی مغز (MEG)

اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف تولید شده توسط فعالیت‌های الکتریکی مغز.



مغناطیس‌سنجی زمین و اکتشاف

اندازه‌گیری تغییرات بسیار کوچک میدان مغناطیسی زمین برای اکتشاف منابع معدنی، باستان‌شناسی و نقشه‌برداری زمین.



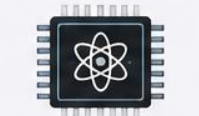
اندازه‌گیری جریان‌های بسیار کوچک

اندازه‌گیری جریان‌های fA تا pA در مدارهای ابررسانا و سامانه‌های کوانتومی.



تحقیق و توسعه در محاسبات کوانتومی

خواندن حالت کوپیت‌های ابررسانا و تشخیص تغییرات شار در مدارهای کوانتومی.



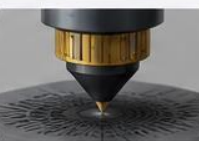
آزمایش‌های فیزیک بنیادی

جست‌وجوی پدیده‌های جدید مانند ماده تاریک، مونوپل‌های مغناطیسی و نقض تقارن.



سایر کاربردها

- میکروسکوپ‌های مغناطیسی (SQUID-on-tip)
- سنجش NDE (عیب‌یابی غیرمخرب)
- سامانه‌های ناوبری با دقت بالا



SQUIDها به دلیل حساسیت بی‌نظیر، تویز بسیار کم و توانایی اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی فوق‌ضعیف، از مهم‌ترین ابزارها در علم، پزشکی، مهندسی و فناوری‌های کوانتومی هستند.

مگنتوانسفالوگرافی (MEG)

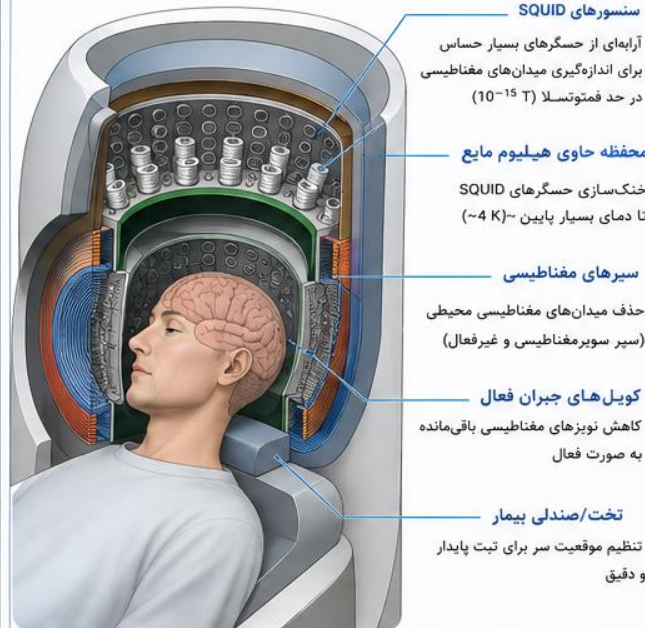
تصویربرداری از فعالیت مغز با اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف

نمای ظاهری دستگاه MEG



- غیرتهاجمی
- بدون درد و بی‌خطر
- تفکیک زمانی بسیار بالا (میلی‌ثانیه)
- تفکیک مکانی بالا (میلیمتر)
- مناسب برای کودکان و بزرگسالان

اجزای اصلی دستگاه



سنسورهای SQUID
آرایه‌ای از حسگرهای بسیار حساس برای اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی در حد فمتوتسلا (10^{-15} T)

محفظه حاوی هلیوم مایع
خنک‌سازی حسگرهای SQUID تا دمای بسیار پایین (~4 K)

سیرهای مغناطیسی
حذف میدان‌های مغناطیسی محیطی (سیر سوپر مغناطیسی و غیرفعال)

کوئل‌های جبران فعال
کاهش نویزهای مغناطیسی باقی‌مانده به صورت فعال

تخت/صندلی بیمار
تنظیم موقعیت سر برای ثبت پایدار و دقیق

اصول عملکرد

1 فعالیت الکتریکی نورون‌ها

جریان‌های یونی در نورون‌ها، جریان‌های الکتریکی بسیار ضعیفی را در قشر مغز ایجاد می‌کنند.



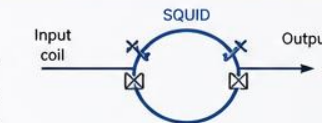
2 تولید میدان مغناطیسی

این جریان‌های الکتریکی، میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیفی در حد فمتوتسلا (10^{-15} T) ایجاد می‌کنند.



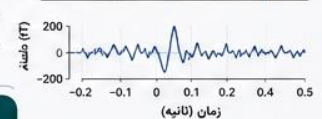
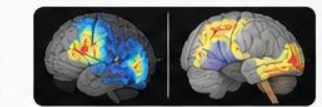
3 اندازه‌گیری با SQUID

سنسورهای SQUID این میدان‌های بسیار ضعیف را بدون تماس و با نویز بسیار کم اندازه‌گیری می‌کنند.



4 بازسازی و تصویرسازی

سیگنال‌ها پس از تقویت و پردازش با مدل‌های محاسباتی، به منبع فعالیت در مغز نسبت داده شده و تصویرسازی می‌شوند.



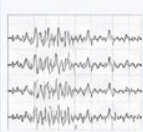
کاربردهای MEG

نقشه‌برداری پیش از جراحی



تعیین محل دقیق نواحی حرکتی، حسی و زبانی برای برنامه‌ریزی جراحی ایمن و سریع و تومورها

بررسی صرع



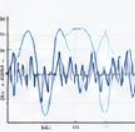
شناسایی منبع تشنج در بیماران صرع کانونی و مقاوم به دارو

نوروسایکولوژی شناختی



مطالعه زبان، حافظه، توجه، ادراک و تصمیم‌گیری در مغز

بیومارکرهای بالینی



کمک به تشخیص زودهنگام بیماری‌هایی مانند آلزایمر، پارکینسون و اوتیسم

تحقیقات مغز و اعصاب



بررسی اتصال عملکردی شبکه‌های مغزی با تفکیک زمانی بالا

مزایا



تفکیک زمانی بسیار بالا (در حد میلی‌ثانیه)



تفکیک مکانی بالا (در حد میلی‌متر)



بدون تابش یونیزان



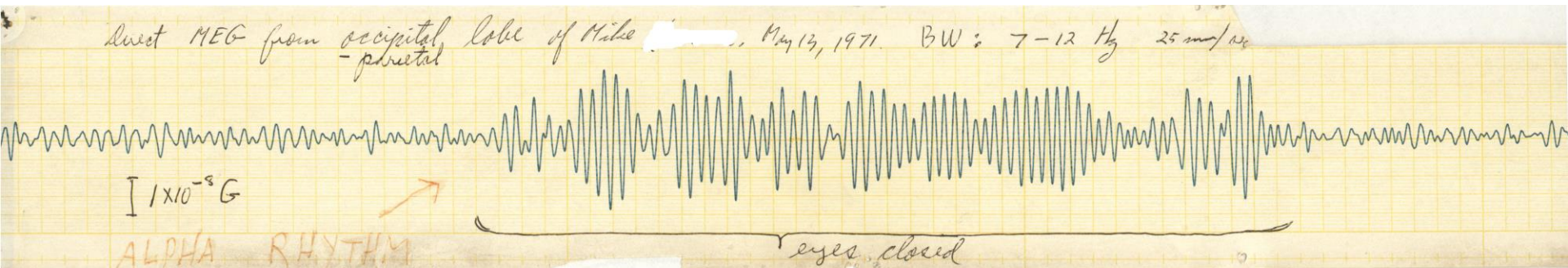
اندازه‌گیری مستقیم فعالیت عملکردی مغز

مشخصات کلیدی

دامنه میدان قابل اندازه‌گیری	10^{-15} تا 10^{-13} تسلا
تفکیک زمانی	~1 میلی‌ثانیه
تفکیک مکانی	2-5 میلی‌متر
تعداد حسگرها	150 تا 306 کانال (بسته به مدل)
طول موج سیگنال	0.1 تا 200 هرتز
دمای کاری سنسورها	~4 کلوین (هلیوم مایع)

نکات مهم

- MEG سیگنال مغناطیسی را اندازه‌گیری می‌کند، نه الکتریکی.
- نیاز به محیط مغناطیسی بسیار آرام (اتاق محافظ مغناطیسی) دارد.
- مکمل بسیار مناسب برای EEG و fMRI در مطالعات مغز.



اولین MEG ثبت شده توسط SQUID در آزمایشگاه دکتر کوهن در دانشگاه MIT

ثبت پتانسیل‌های میدان خارج سلولی با آرایه‌های چندالکترودی

علاوه بر انواع مختلف ولتاژ کلمپ، روشی وجود دارد که ثبت پتانسیل‌های میدان خارج سلولی از سلول‌ها یا بافت‌های فعال الکتریکی را ممکن می‌سازد.

پتانسیل‌های میدان خارج سلولی هر زمان که سلول‌های منفرد، شبکه‌های سلولی یا سلول‌ها در بافت، تغییرات سریع در پتانسیل غشایی خود ایجاد کنند، قابل تشخیص هستند. در اکثر موارد، این تغییرات ناشی از پتانسیل‌های عمل هستند.

پتانسیل‌های میدان خارج سلولی اطراف سلول‌ها می‌توانند از طریق اتصال خازنی بین غشای سلول و الکتروود خارج سلولی‌ای که به اندازه کافی به سلول نزدیک باشد، تشخیص داده شوند.

با توجه به اینکه فعالیت الکتریکی پیش شرط استفاده از این تکنیک است، استفاده از این روش برای برش‌های مغزی یا قلبی، کشت‌های عصبی یا قلبی، و نمونه‌های شبکه‌ای متداول است.

یکی از مزایای برجسته ثبت پتانسیل میدان خارج سلولی، امکان ثبت غیرتهاجمی از سلول‌ها یا بافت است؛ به این معنی که هیچ الکترودی به داخل غشای سلول نفوذ نمی‌کند.

ظروف کشت خاصی طراحی شده‌اند که الکترودهای فلزی در ته آن‌ها تعبیه شده است. ده‌ها یا صدها الکتروده با قطر چند ده میکرون و فاصله‌های چند ده تا چند صد میکرون به صورت آرایه چیدمان شده‌اند که آرایه‌های چندالکترودی (multielectrode array) یا MEA نامیده می‌شوند.

در شکل زیر یک آرایه چندالکترودی معمولی نشان داده شده است که برای ثبت از کشت‌های سلولی عصبی یا قلبی استفاده می‌شود.



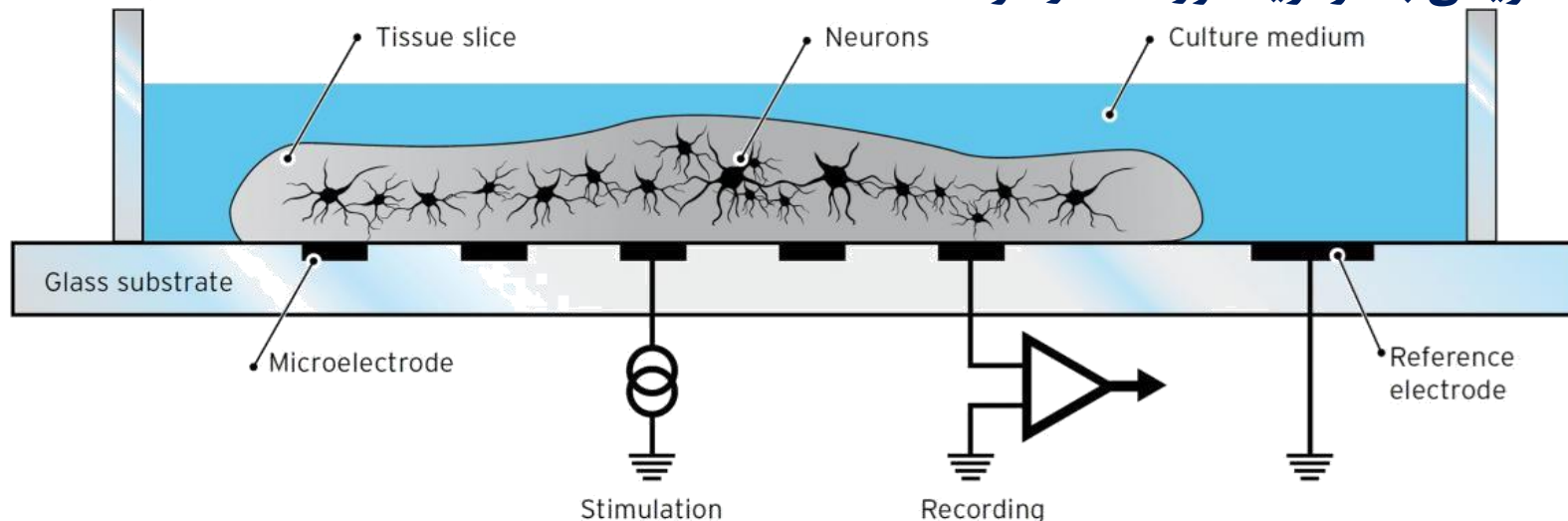
شکل ۱۱-۳ ظرف کشت MEA

با ۶۴ الکتروده ثبت و یک الکتروده مرجع بزرگتر. الکترودهای این MEA به قطر ۱۰ میکرومتر، با فاصله ۱۰۰ میکرومتر از هم قرار دارند.

با استفاده از تقویت‌کننده‌های پیشرفته‌ای که برای سیگنال‌های آرایه‌های چندالکترودی طراحی شده است سیگنال‌های الکتریکی با دقت زمانی و مکانی بالا قابل ثبت هستند.

سیستم‌های MEA به همراه تقویت‌کننده‌ها و نرم‌افزارهای باکیفیت، به صورت تجاری در دسترس هستند و صدها مقاله در سال‌های اخیر درباره آن‌ها منتشر شده است.

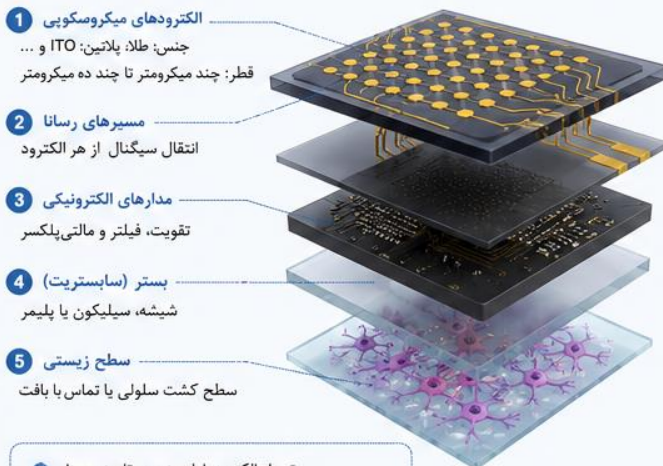
اخیراً، سیستمی بر اساس **آرایه میکروالکترود با فناوری CMOS** توسعه یافته است که دارای ۴۲۲۵ الکترود ثبت و ۱۰۲۴ الکترود تحریک است (استوتسکی و همکاران، ۲۰۱۴). این سیستم بر اساس تحقیقات اولیه دانشمند آلمانی، پیترومهرز و همکارانش (۱۹۹۱)، بنا شده است که در اواخر دهه ۱۹۸۰ تلاش خود را برای ارتباط سیگنال‌های عصبی الکتریکی به ترانزیستورها آغاز کردند.



آرایه‌های میکروالکترودی (MEA)

سامانه‌ای شامل تعداد زیادی الکترود میکروسکوپی که به صورت هم‌زمان از فعالیت الکتریکی سلول‌ها با بافت‌ها ثبت (یا آن‌ها را تحریک) می‌کند.

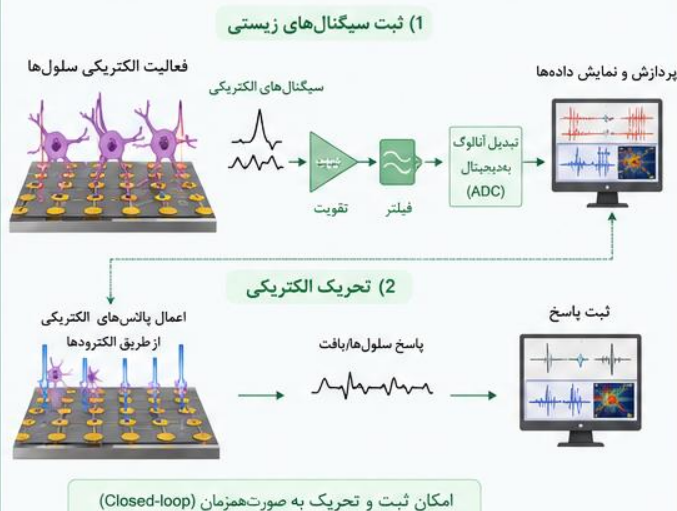
اجزای اصلی آرایه میکروالکترودی



تعداد الکترودها: از چند ده تا چند هزار

فاصله بین الکترودها: از چند میکرومتر تا چند صد میکرومتر

نحوه عملکرد

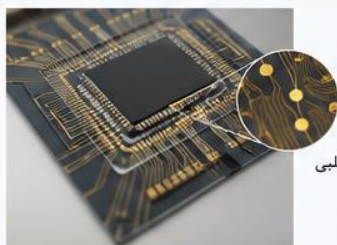


کاربردها

- مطالعه شبکه‌های عصبی و علوم اعصاب
- غربالگری و ارزیابی اثرگذاری داروها
- مطالعه فعالیت الکتریکی سلول‌های قلبی
- رابطه‌های مغز-رایانه (BCI)
- مطالعه بیماری‌ها (مانند پارکینسون، صرع و...)
- بررسی سمیت دارویی و ایمنی

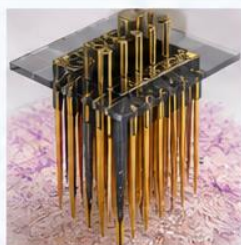
انواع آرایه‌های میکروالکترودی

(1) آرایه‌های مسطح (Planar MEA)



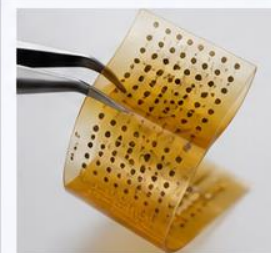
- الکترودها روی سطح صاف قرار می‌دهند.
- بیشتر برای کشت سلول‌های عصبی و قلبی در آزمایشگاه استفاده می‌شوند.
- ثبت سیگنال از نزدیکی سطح.

(2) آرایه‌های سه‌بعدی (3D MEA)



- الکترودها به داخل بافت نفوذ می‌کنند.
- امکان ثبت سیگنال از عمق بافت.
- مناسب برای بافت‌های ضخیم و ارگانوئیدها.
- تفکیک فضایی در سه بعد.

(3) آرایه‌های انعطاف‌پذیر (Flexible MEA)



- ساخته شده روی بسترهای پلیمری انعطاف‌پذیر.
- سازگار با بافت و قابل کاشت در بدن.
- مناسب برای رابطه‌های عصبی و ثبت طولانی‌مدت.
- وزن کم و کمترین آسیب به بافت.

مزایا

- ثبت هم‌زمان از تعداد زیادی سلول
- تفکیک مکانی بالا
- امکان ثبت طولانی‌مدت
- تحریک و ثبت به صورت هم‌زمان
- آسیب کم به نمونه

محدودیت‌ها

- دامنه ثبت محدود به نزدیکی الکترودها
- نویز الکتریکی و نیاز به پردازش پیشرفته
- هزینه ساخت و تجهیزات بالا
- در آرایه‌های مسطح، دسترسی محدود به عمق بافت

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

الکترودرماتوگرافی (Electrodermatography):

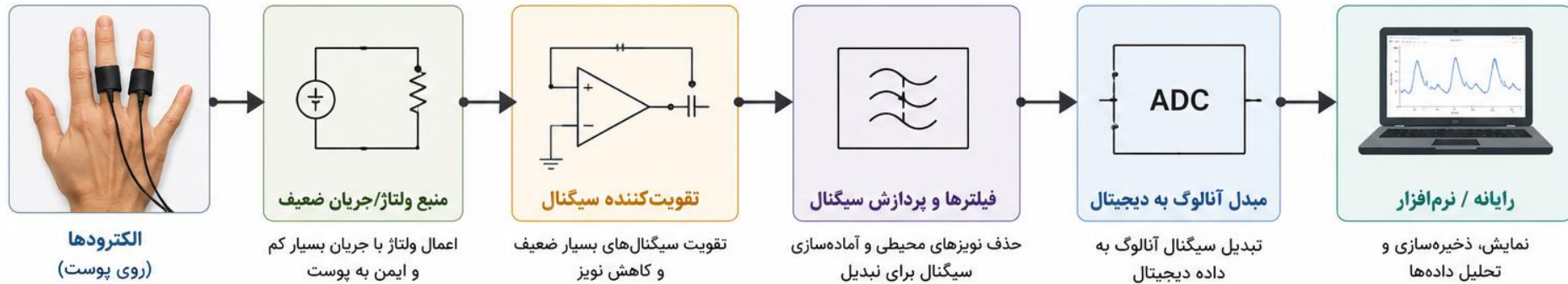
«الکترودرماتوگرافی» روشی برای اندازه‌گیری تغییرات الکتریکی پوست است. این روش معمولاً بر پایه اندازه‌گیری «هدایت الکتریکی پوست» انجام می‌شود؛ چون فعالیت غدد عرق تحت کنترل سیستم عصبی سمپاتیک است، تغییرات استرس، هیجان یا برانگیختگی روانی باعث تغییر رسانایی پوست می‌شود.

کاربردهای اصلی:

- ❖ پژوهش‌های روان‌شناسی و علوم اعصاب
- ❖ بررسی استرس و واکنش هیجانی
- ❖ بخشی از آزمون‌های پلی‌گراف (دروغ‌سنج)
- ❖ پایش وضعیت فیزیولوژیک در برخی مطالعات پزشکی

در عمل، چند الکتروود روی پوست (معمولاً انگشتان یا کف دست) قرار می‌دهند و تغییرات بسیار کوچک ولتاژ یا مقاومت پوست ثبت می‌شود. این روش غیرتهاجمی و نسبتاً ساده است، اما به‌تنهایی ابزار تشخیص قطعی بیماری یا دروغ‌گویی محسوب نمی‌شود.

اجزای سیستم الکترودرماتوگرافی



چگونگی اجرای الکترودرماتوگرافی

سنسور تنفس

سنسور فعالیت قلب (اختیاری)

فشار خون (اختیاری)

الکترودهای EDA روی انگشتان

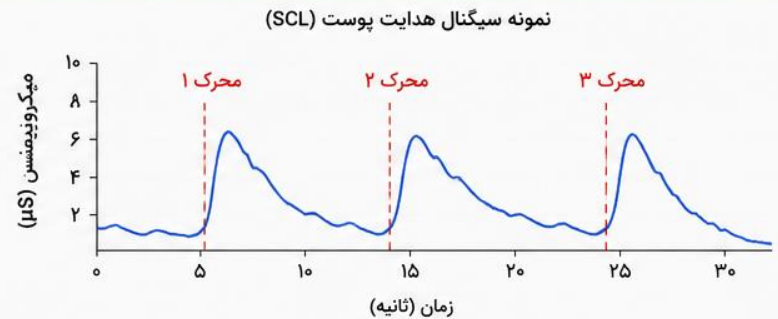
دستگاه EDA

- آماده‌سازی پوست
- اتصال الکترودها
- کالیبراسیون در صورت نیاز
- شروع ثبت سیگنال
- تحلیل و تفسیر داده‌ها

نکات مهم

- پوست باید تمیز و عاری از چربی باشد.
- فرد در حالت آرام و بدون حرکت زیاد قرار گیرد.
- تغییرات هدایت پوست با فعالیت غدد عرق و برانگیختگی عصبی مرتبط است.

خروجی و تفسیر



افزایش هدایت پوست (قله‌ها) نشان‌دهنده افزایش فعالیت غدد عرق و برانگیختگی سیستم عصبی سمپاتیک در پاسخ به محرک است.

کاربردها



توجه: الکترودرماتوگرافی به تنهایی ابزار تشخیص قطعی بیماری یا دروغ‌گویی نیست و باید در کنار سایر اطلاعات و آزمون‌ها استفاده شود.

الکتروگاستروگرافی (Electrogastrography):

«الکتروگاستروگرافی» (EGG) روشی غیرتهاجمی برای ثبت فعالیت الکتریکی معده است. معده پیش از ایجاد انقباضات مکانیکی برای هضم غذا، سیگنال‌های الکتریکی آهسته‌ای تولید می‌کند که به آن‌ها امواج آهسته معده (Gastric Slow Waves) گفته می‌شود. در الکتروگاستروگرافی، این سیگنال‌ها با الکترودهایی که روی پوست شکم قرار می‌گیرند ثبت و تحلیل می‌شوند.

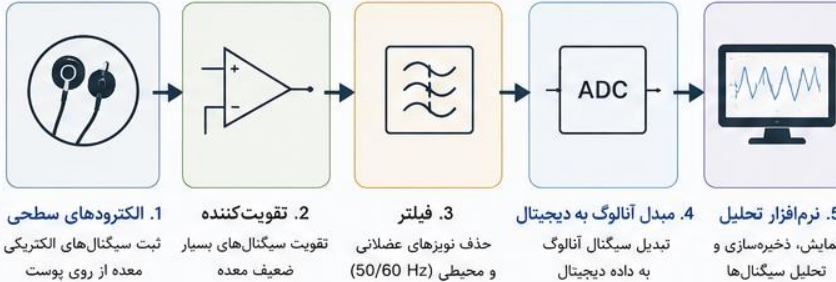
کاربردها:

- ❖ بررسی اختلالات حرکتی معده
- ❖ ارزیابی تهوع و استفراغ مزمن
- ❖ مطالعه گاستروپارزی (تخلیه کند معده)
- ❖ پژوهش‌های گوارشی و فیزیولوژی
- ❖ بررسی عملکرد معده در دیابت یا بیماری‌های عصبی

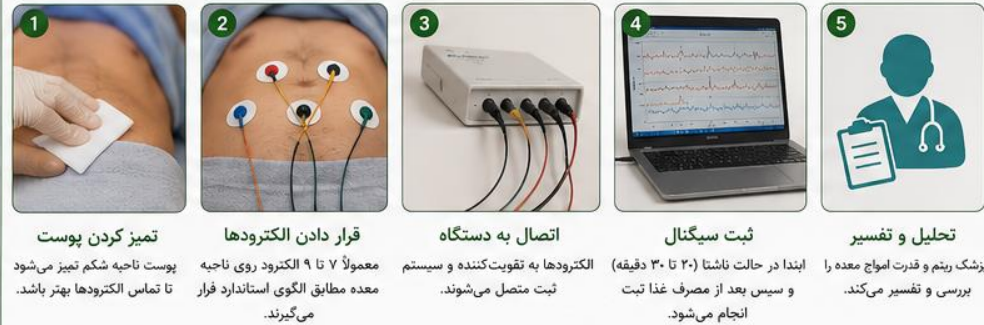
الکتروگاستروگرافی (EGG)

روش غیرتهاجمی برای ثبت و تحلیل فعالیت الکتریکی معده از طریق الکترودهای سطحی روی پوست شکم

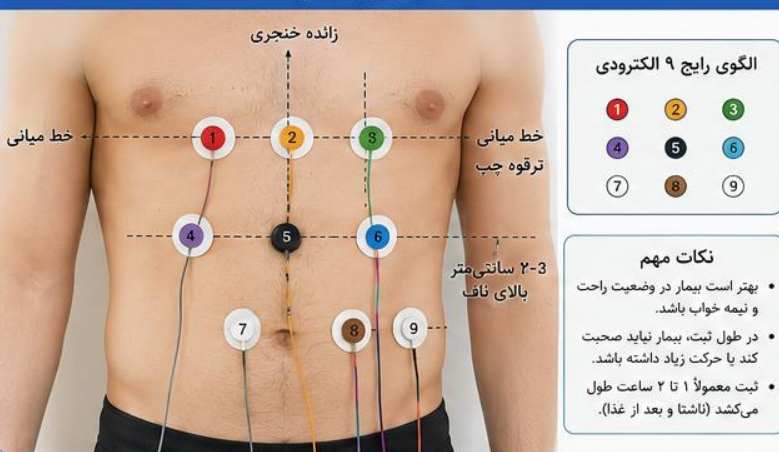
اجزای سیستم



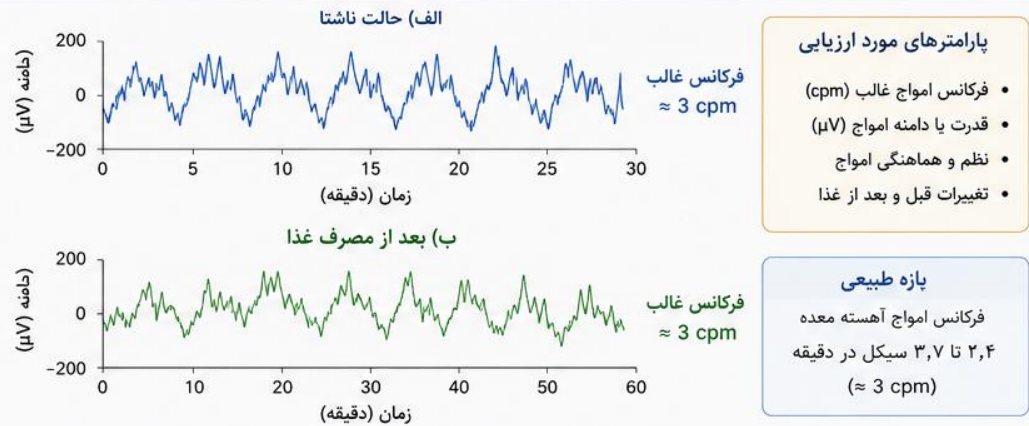
چگونگی اجرای الکتروگاستروگرافی



محل قرارگیری الکترودها



نمونه سیگنال و تحلیل



کاربردها



مزایا

- ✓ غیرتهاجمی و بدون درد
- ✓ ایمن و قابل تکرار
- ✓ ارزان‌تر نسبت به روش‌های تهاجمی

محدودیت‌ها

- ✗ حساسیت کمتر نسبت به برخی آزمون‌های پیشرفته گوارشی
- ✗ تحت تأثیر نویزهای عضلانی و حرکتی

الکتروکوکلوگرافی (Electrocochleography):

«الکتروکوکلوگرافی» یک روش تشخیصی در شنوایی شناسی است که برای ثبت فعالیت الکتریکی حلزون گوش (Cochlea) و عصب شنوایی استفاده می‌شود.

در این روش، پاسخ‌های الکتریکی ایجادشده در گوش داخلی پس از دریافت صدا اندازه‌گیری می‌شوند. این سیگنال‌ها نشان می‌دهند که حلزون گوش و عصب شنوایی چگونه به محرک صوتی پاسخ می‌دهند.

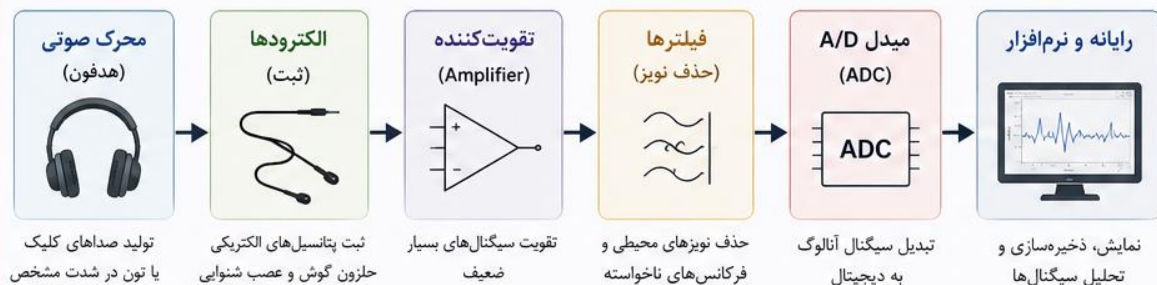
کاربردها:

- ❖ تشخیص بیماری Ménière's disease
- ❖ بررسی هیدروپس اندولنفاتیک (افزایش مایع گوش داخلی)
- ❖ ارزیابی عملکرد حلزون گوش
- ❖ کمک به بررسی کم‌شنوایی‌ها
- ❖ پایش عملکرد عصب شنوایی در جراحی‌های گوش

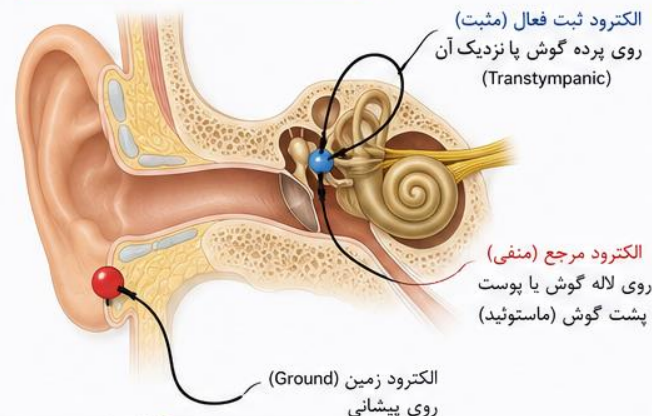
الکتروکوکلوگرافی (Electrocochleography - EcoG)

روش ثبت فعالیت الکتریکی حلزون گوش (Cochlea) و عصب شنوایی در پاسخ به محرک صوتی

اجزای سیستم



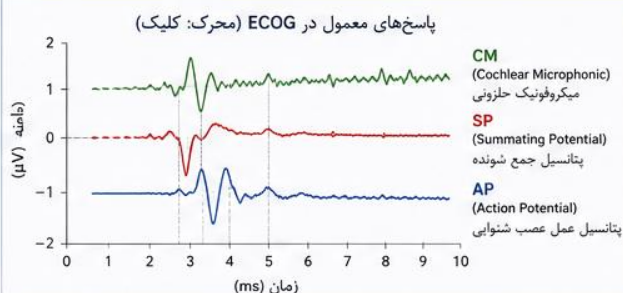
محل قرارگیری الکترودها



چگونگی اجرای آزمون



سیگنال‌های ثبت شده در الکتروکوکلوگرافی



شاخص‌های مهم

نسبت SP/AP
(در بیماری منیر معمولاً افزایش می‌یابد)

دامنه SP

دامنه AP

کاربردها

- تشخیص بیماری منیر (هیدروس اندولنفاتیک)
- ارزایی عملکرد حلزون گوش و عصب شنوایی
- بررسی انواع کم‌شنوایی‌ها
- پایش عملکرد عصب شنوایی در جراحی‌های گوش

نکات مهم

- آزمون غیرتهاجمی و نسبتاً ایمن است.
- ممکن است هنگام قرار دادن الکترو روی پرده گوش کمی احساس فشار یا ناراحتی ایجاد شود.
- برای نتایج دقیق، بیمار باید در محیط آرام باشد و از حرکت سر خودداری کند.
- تفسیر نتایج باید در کنار آزمایش‌های شنوایی‌سنجی و شرح حال بالینی انجام شود.

محرک‌های صوتی رایج

- کلیک (Click)
- تون خالص (Tone Burst)

الکترواسپاینوگرافی (Electrospinography):

«الکترواسپاینوگرافی» به روش ثبت و بررسی سیگنال‌های الکتریکی مرتبط با نخاع و مسیرهای عصبی ستون فقرات گفته می‌شود.

این اصطلاح در منابع مختلف ممکن است کمی متفاوت به کار رود،

اما معمولاً به تکنیک‌هایی اشاره دارد که فعالیت الکتریکی ناحیه نخاع یا پاسخ‌های عصبی

عبوری از ستون فقرات را اندازه‌گیری می‌کنند که هدف آن، ارزیابی عملکرد نخاع، ریشه‌های

عصبی و مسیرهای حسی و حرکتی ستون فقرات است.

کاربردها:

- ❖ بررسی آسیب‌های نخاعی
- ❖ تشخیص فشار روی ریشه‌های عصبی
- ❖ ارزیابی بیماری‌های عصبی – عضلانی
- ❖ پایش عملکرد نخاع هنگام جراحی ستون فقرات
- ❖ بررسی اختلالات هدایت عصبی

الکترواسپاینوگرافی (ESG)

ثبت و تحلیل فعالیت‌های الکتریکی نخاع و مسیرهای عصبی ستون فقرات

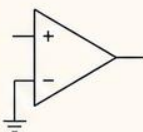
الکترودها

سطحی (روی پوست)
یا سوزنی

محرک الکتریکی

(در برخی آزمون‌ها)
اعمال تحریک به عصب
برای ایجاد پاسخ

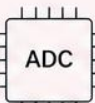
تقویت‌کننده

تقویت سیگنال‌های
ضعیف الکتریکی

فیلتر

حذف نویزها و ارتعاشات
محیطی (50/60 Hz و...)

مبدل A/D

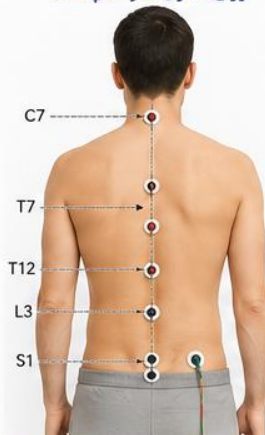
تبدیل سیگنال آنالوگ
به دیجیتال

رایانه و نرم‌افزار

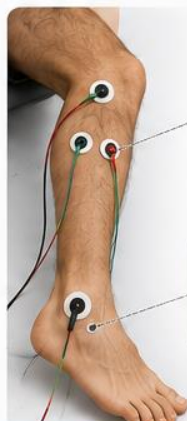
نمایش، ذخیره‌سازی و
تحلیل سیگنال‌ها

محل قرارگیری الکترودها (نمونه‌ها)

روی ستون فقرات (پشت)

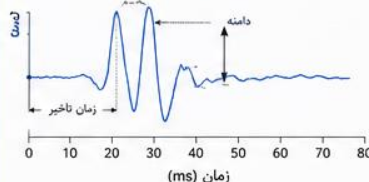
الکترودهای ثبت
روی فرایندهای خاری یا
دو طرف ستون فقرات
در سطوح مختلفالکتروود مرجع (زمین)
معمولاً روی لگن یا
ناحیه‌ای بدون فعالیت
عضلانی

روی اندام‌ها (برای ثبت پاسخ محیطی)

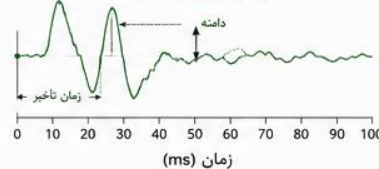
ثبت از عضله
ثبت پاسخ از عضله
هدفمحل تحریک عصب
تحریک عصب تیپال
در موج یا (نمونه)

نمونه سیگنال‌های ثبت‌شده

پاسخ حرکتی (MEP)



پاسخ حسی (SSEP)



چگونگی اجرای آزمون

1 آماده‌سازی بیمار

بیمار به حالت دمر یا طاق‌باز
قرار می‌گیرد و پوست نواحی
مورد نظر تمیز می‌شود.

2 قرار دادن الکترودها

الکترودهای ثبت روی پوست پشت
در محل مهره‌های خاص یا عضلات
اندام‌ها قرار داده می‌شوند.

3 اعمال تحریک (در صورت نیاز)

تحریک الکتریکی خفیف به یک عصب
محیطی (مثلاً عصب تیپال یا پروتال)
یا ریشه عصبی اعمال می‌شود.

4 ثبت پاسخ‌های الکتریکی

سیگنال‌های حاصل از فعالیت نخاع
و مسیرهای عصبی ثبت و ذخیره
می‌شوند.

5 تحلیل و تفسیر

پزشک پارامترهایی مانند زمان تأخیر،
دامنه و شکل موج‌ها را تحلیل کرده و
عملکرد نخاع و مسیرهای عصبی را
ارزیابی می‌کند.

کاربردها



- بررسی آسیب‌های نخاعی
- تشخیص فشار روی ریشه‌های عصبی
- ارزیابی بیماری‌های عصبی-عضلانی
- پایش عملکرد نخاع هنگام جراحی ستون فقرات
- بررسی اختلالات هدایت عصبی

پارامترهای مهم مورد ارزیابی

- زمان تأخیر (Latency): زمان عبور سیگنال در مسیر عصبی
- دامنه (Amplitude): اندازه پاسخ الکتریکی
- شکل موج (Morphology): الگوی پاسخ
- تقارن (Asymmetry): مقایسه طرفین برای تشخیص ضایعه

نکات مهم

- ✓ بیمار باید در وضعیت مناسب و راحت قرار گیرد.
- ✓ پوست باید تمیز و بدون چربی باشد.
- ✓ دمای محیط و آرامش بیمار بر کیفیت سیگنال مؤثر است.
- ✓ این آزمون غیرتهاجمی و معمولاً بدون درد است.

انواع آزمون‌های الکترواسپاینوگرافی

- MEP: پتانسیل‌های برانگیخته حرکتی
- SSEP: پتانسیل‌های برانگیخته حسی
- F-wave: پاسخ F در بررسی ریشه‌های عصبی
- H-reflex: رفلکس H و بررسی قوس رفلکسی نخاعی

اجزای سیستم

1 الکترودها

سطحی یا سوزنی برای ثبت سیگنال‌های نخاع و عضلات



2 محرک الکتریکی

اعمال پالس‌های خفیف به اعصاب محیطی



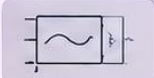
3 تقویت‌کننده

تقویت سیگنال‌های ضعیف میلی‌ولت



4 فیلترها

حذف نویز و فرکانس‌های (50/60 HZ) مزاحم



5 مبدل A/D

تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال



6 رایانه و نرم‌افزار

نمایش، ذخیره‌سازی و تحلیل سیگنال‌ها



الکترواسپاینوگرافی (ESG)

ثبت و تحلیل فعالیت‌های الکتریکی نخاع و مسیرهای عصبی ستون فقرات



الکترودهای سطحی

روی مهره‌های پشتی

الکترودهای عضلانی

(ثبت پاسخ عضلانی)

محرک الکتریکی

روی عصب محیطی
(مثال: عصب تیبیال)

چگونگی انجام آزمون



آماده‌سازی پوست
تمیز کردن و کاهش مقاومت پوست



نصب الکترودها
روی ستون فقرات و عضلات مرتبط



اعمال محرک الکتریکی
پالس‌های خفیف به عصب محیطی (محسوس)

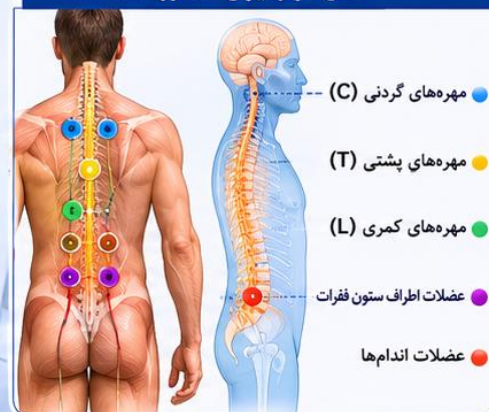


ثبت سیگنال‌ها
پاسخ‌های عصبی از نخاع و عضلات ثبت می‌شوند

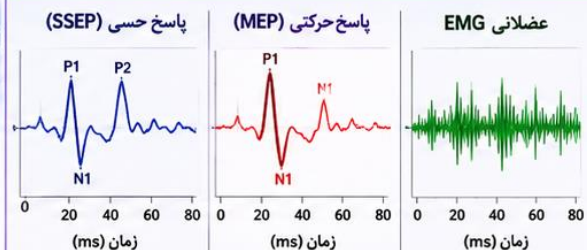


تحلیل و تفسیر
تحلیل زمان تاخیر، دامنه و الگوی پاسخ‌ها

محل قرارگیری الکترودها



نمونه سیگنال‌های ثبت شده



کاربردها



بررسی آسیب‌های نخاعی



تشخیص فشار روی ریشه‌های عصبی



پایش عملکرد نخاع در جراحی



ارزیابی بیماری‌های عصبی - عضلانی



بررسی اختلالات حرکتی و حسی

مزایا

- ✓ غیرتهاجمی (معمولاً سطحی)
- ✓ بدون درد و ایمن
- ✓ ثبت همزمان از مسیرهای متعدد
- ✓ مناسب برای پایش حین جراحی

نکات مهم

- کیفیت سیگنال به نصب صحیح الکترودها و کاهش نویز بستگی دارد.
- همراه با EMG و Evoked Potential تصویر دقیق‌تری ارائه می‌دهد.
- برای تشخیص قطعی همراه با معاینه بالینی و تصویربرداری استفاده می‌شود.

سیگنال‌ها از کجا ثبت می‌شوند؟



الکترونیستاگموگرافی (Electronystagmography):

«الکترونیستاگموگرافی» روشی برای ثبت و تحلیل حرکات غیرطبیعی چشم، به ویژه نیستاگموس (Nystagmus) است.

این آزمایش برای بررسی عملکرد سیستم تعادل گوش داخلی، عصب دهلیزی و مسیرهای عصبی مرتبط با تعادل به کار می‌رود. چون چشم و سیستم تعادل به هم مرتبط‌اند، اختلالات گوش داخلی می‌توانند باعث حرکات غیرطبیعی چشم شوند.

کاربردها:

- ❖ تشخیص بیماری‌های دهلیزی
- ❖ ارزیابی عملکرد گوش داخلی
- ❖ کمک به تشخیص Ménière's disease
- ❖ بررسی آسیب عصب تعادلی

الکترونیستاکموگرافی (ENG)

ارزیابی عملکرد سیستم دهلیزی از طریق ثبت حرکات چشم

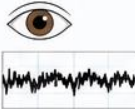
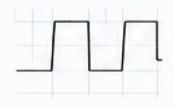
اجزاء و تجهیزات ENG

- الکترودهای سطحی**
ثبت پتانسیل الکتریکی ناشی از حرکت چشم، بالا، پایین، راست و چپ
- آمپلی فایر (تقویت کننده)**
تقویت سیگنال‌های بسیار ضعیف چشم
- سیستم ثبت و پردازش**
تبدیل سیگنال‌ها به داده دیجیتال و نمایش نمودارها
- نرم افزار تحلیل**
تحلیل، محاسبه و استخراج پارامترهای دهلیزی
- صندوقچه واحد بیمار**
صندوقچه رابط با قابلیت چرخش (در صورت نیاز)

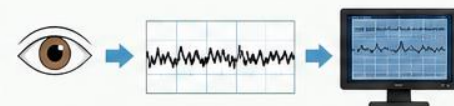
چگونگی اجرای ENG (مراحل انجام)

- آماده سازی بیمار**
• توضیح روند انجام به بیمار و اخذ رضایت
• تمیز کردن پوست اطراف چشم‌ها
• نصب الکترودهای سطحی در اطراف هر چشم
• اتصال کابل‌ها به آمپلی فایر
- کالیبراسیون**
از بیمار خواسته می‌شود به یک هدف متحرک در جهات مختلف نگاه کند.
سیستم دامنه حرکات و مرکز دید را کالیبره می‌کند.
- ثبت حرکات چشم**
ثبت حرکات چشم در شرایط و محرک‌های مختلف:
• نگاه ثابت (Fixation)
• دنبال کردن هدف متحرک (Smooth Pursuit)
• حرکات سریع چشم (Saccade)
- تست‌های دهلیزی (القای محرک)**
با تحریک سیستم دهلیزی و ثبت پاسخ چشم:
• کالریک (حرارت و سرما)
• چرخش صندلی (Rotary Chair)
• آزمون‌های وضعیتی (Positioning Tests) مانند Dix-Hanke و Roll Test
- تحلیل و تفسیر نتایج**
نرم افزار پارامترها را محاسبه کرده و نتایج توسط متخصص گوش و حلق و بینی تفسیر می‌شود.

انواع تست‌های اصلی در ENG

نگاه ثابت (Fixation) ثبت حرکات خودبه‌خودی چشم (نیستاکموس خودبه‌خودی) 	دنبال کردن هدف متحرک (Smooth Pursuit) ارزیابی حرکات نرم و پیوسته چشم هنگام دنبال کردن هدف 	حرکات سریع چشم (Saccade) بررسی سرعت و دقت حرکات چشمی بین اهداف 	کالریک (حرارت و سرما) (Caloric) تحریک دهلیز با آب سرد و گرم و ثبت پاسخ نیستاکموس ایجاد شده 	چرخش صندلی (Rotary Chair) تحریک دهلیز با چرخش با سرهای مختلف و ثبت پاسخ 	آزمون‌های وضعیتی (Positional Tests) بررسی نیستاکموس در وضعیت مختلف Roll Test و Dix-Hallpike 
---	---	--	--	--	---

چه چیزی ثبت می‌کند؟



سیگنال‌های الکتریکی ناشی از حرکات چشم توسط الکترودهای ثبت و به شکل نمودار نمایش داده می‌شود.

کاربردها

 تشخیص اختلالات سیستم دهلیزی محیطی و مرکزی	 افتراق انواع سرگیجه (دهلیزی، مرکزی، عملکردی)	 ارزیابی عملکرد دهلیز قبل و بعد از درمان	 پیگیری بیماران مبتلا به بیماری‌های دهلیزی
--	---	--	---

نکات مهم



- بیمار باید قبل از انجام تست از مصرف الکل و داروهای سرکوب‌کننده دهلیزی طبق نظر پزشک خودداری کند.
- لنزهای تماسی، آرایش چشم و کرم‌های دور چشم باید فز قبل از تست فابرداشته شوند.
- نتایج باید توسط متخصص و در ارتباط با علائم بالینی تفسیر شود.

درمان بازهمزمان سازی قلب:

Cardiac Resynchronization Therapy

«درمان بازهمزمان سازی قلب» (CRT) روشی درمانی برای بیماران مبتلا به نارسایی قلبی است که در آن انقباض بطن های قلب با هم هماهنگ نیست. در برخی بیماران، به ویژه افرادی که دچار اختلال هدایت الکتریکی مانند بلوک شاخه چپ قلب (LBBB) هستند، بطن راست و چپ همزمان منقبض نمی شوند و عملکرد پمپاژ قلب کاهش پیدا می کند. CRT با استفاده از یک دستگاه شبیه ضربان ساز قلب، زمان انقباض دو بطن را هماهنگ می کند.

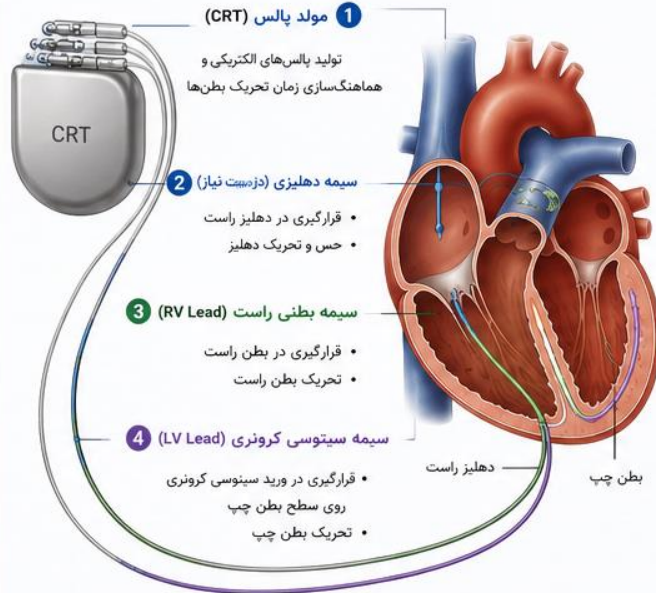
اجزای اصلی سیستم CRT شامل مولد پالس، الکتروود دهلیز راست، الکتروود بطن راست، الکتروود بطن چپ، باتری و مدار کنترل است. دستگاه معمولاً طی یک عمل کم تهاجمی زیر پوست قفسه سینه قرار می گیرد و الکتروودها از طریق وریدها وارد قلب می شوند.

نحوه عملکرد CRT به این صورت است که دستگاه پالس های الکتریکی دقیقی به هر دو بطن ارسال می کند تا انقباض بطن ها همزمان شود، برون ده قلب افزایش یابد و علائم نارسایی قلبی کاهش پیدا کند.

درمان بازهمزمان سازی قلب (CRT)

هماهنگ کردن انقباض بطن‌ها برای بهبود عملکرد قلب و کاهش علائم نارسایی قلب

اجزاء سیستم CRT



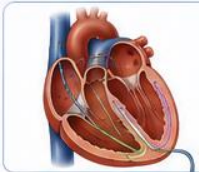
ترکیب تحریک همزمان بطن راست و بطن چپ باعث انقباض هماهنگتر قلب و بهبود پمپاژ خون می‌شود.

چگونگی اجرای درمان



1 ورود از ورید

از طریق ورید زیر ترقوه (معمولاً سمت چپ) دسترسی به سیستم وریدی بازو و قلب.



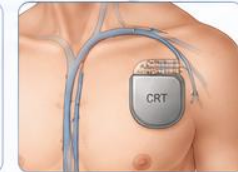
2 قرار دادن سیمه‌ها

سیمه دهلیزی (در صورت نیاز) در دهلیز راست قرار می‌گیرد. سیمه بطنی راست در بطن راست قرار می‌گیرد. سیمه سینوسی کرونری در وریدی روی سطح بطن چپ قرار داده می‌شود.



3 اتصال به مولد پالس

سیمه‌ها به مولد دستگاه متصل و اتصالات بررسی می‌شود تا عملکرد صحیح تأیید گردد.



4 قرار دادن مولد پالس در زیر پوست

دستگاه در یک جیب کوچک زیر پوست ناحیه قفسه سینه با زیر استخوان ترقوه قرار داده می‌شود.



5 برنامه‌ریزی و تنظیم دستگاه

تنظیم زمان‌بندی تحریک (AV delay و VV delay) بر اساس شرایط بیمار برای حداکثر کارایی.

قبل از CRT (عدم هماهنگی)

انقباض نامنظم بطن‌ها کاهش کارایی پمپاژ خون



با CRT (تحریک هماهنگ)

انقباض هماهنگ بطن‌ها افزایش کارایی پمپاژ خون

نتایج بالینی

بهبود علائم نارسایی قلبی و کیفیت زندگی
افزایش تحمل فعالیت و کاهش تنگی نفس
کاهش بستری‌های مکرر در بیمارستان
کاهش بازسازی (بازمدل‌سازی) قلب
کاهش خطر مرگ و افزایش بقا

موارد مناسب برای CRT

- نارسایی قلبی متوسط تا شدید ($EF \leq 35\%$)
- طول مدت $RS \geq 120$ ms میلی‌ثانیه
- مخصوصاً در بلوک شاخه چپ (LBBB)
- علائم با وجود درمان دارویی بهینه (NYHA II-IV)

نکات مهم

- CRT معمولاً همراه با درمان دارویی استاندارد انجام می‌شود.
- پیگیری منظم برای بررسی عملکرد دستگاه و وضعیت بالینی ضروری است.
- عوارض احتمالی: عفونت، جابجایی سیمه، سوراخ شدن سیاهرگ، عدم پاسخ به درمان (در حدود 20-30% بیماران).

انواع دستگاه‌های CRT

CRT-P (پیسر فقط)

تنها قابلیت تحریک دهلیزها و بطن‌ها را دارد.



CRT-D (بخشی) دفیبریلاتور

دارای قابلیت شوک‌دهی در صورت آریتمی‌های خطرناک.



CRT-P با مانیتورینگ

قابلیت پایش از راه دور و تنظیمات پیشرفته.



هشدارها و موارد منع نسبی

- عفونت فعال
- انسداد وریدی شدید
- امید به زندگی کمتر از 1 سال
- عدم توانایی در پیگیری درمان

هدف اصلی CRT هماهنگی انقباض بطن‌ها، بهبود عملکرد قلب، کاهش علائم نارسایی قلب و افزایش کیفیت زندگی بیماران است.

الکتروشوک (دیفبریلایسیون) :

الکتروشوک یا دیفبریلایسیون (Defibrillation) روشی درمانی برای اصلاح بعضی از آریتمی‌های خطرناک قلبی است که در آن، یک شوک الکتریکی کنترل شده به قلب وارد می‌شود تا ریتم طبیعی قلب دوباره برقرار گردد.

دیفبریلایسیون معمولاً در شرایط اورژانسی زیر استفاده می‌شود:

- ❖ فیبریلاسیون بطنی (VF) : انقباضات بسیار سریع و نامنظم بطن‌ها
- ❖ تاکی کاردی بطنی بدون نبض (Pulseless VT) : ضربان بسیار سریع بطن‌ها بدون پمپاژ مؤثر خون

در VF یا VT، سلول‌های قلب به صورت نامنظم فعالیت می‌کنند و قلب قادر به پمپاژ مؤثر خون نیست. شوک الکتریکی باعث می‌شود فعالیت الکتریکی غیرطبیعی متوقف شود تا گره سینوسی-دهلیزی قلب (SA Node) بتواند دوباره ریتم منظم را آغاز کند.

دیفبریلایسیون (الکتروشوک) چیست و چگونه انجام می‌شود؟

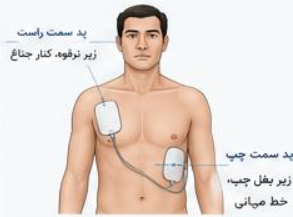
اعمال یک شوک الکتریکی کنترل‌شده قلب برای توقف آریتمی‌های خطرناک و بازگرداندن ریتم طبیعی قلب

اجزای دستگاه دیفبریلاتور



محل قرارگیری پدهای دیفبریلایسیون (در بزرگسالان)

قدما-جانبی (استاندارد)



قدما-خلفی (در صورت نیاز)



انواع دستگاه‌های دیفبریلاتور

دستی (Manual)



قابل تنظیم انرژی مناسب محیط‌های درمانی

نیمه‌اتوماتیک (AED)



تحلیل ریتم و اعلام شوک توسط دستگاه

کاشتی (ICD)

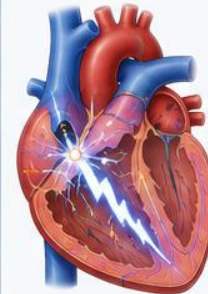


کاشت زیر پوست. تشخیص و شوک خودکار در آریتمی‌های خطرناک

مراحل اجرای دیفبریلایسیون



شوکی چگونه عمل می‌کند؟



قبل از شوک

فعالیت الکتریکی نامنظم باعث لرزش و عدم پمپاژ مؤثر خون



شوکی الکتریکی

بعد از شوک

توقف فعالیت‌های نامنظم و اجازه به گره طبیعی قلب (SA Node) برای شروع ریتم منظم



موارد استفاده

- فیبریلاسیون بطنی (VF)
- تاکیکاردی بطنی بدون نبض (Pulseless VT)
- برخی آریتمی‌های شدید دیگر طبق نظر پزشک

عوارض احتمالی

- سوختگی خفیف پوست در محل پدها
- درد عضلانی یا درد قفسه سینه
- آریتمی‌های موقت
- آسیب نادر به عضله قلب

نکته مهم

در ایست قلبی ناشی از VF، شانس بقا با هر دقیقه تأخیر ۷ تا ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.
استفاده سریع از AED می‌تواند جان بیمار را نجات دهد.



انرژی پیشنهادی برای شوک (بزرگسالان)

دیفبریلایسیون (شوکی غیرهمزمان) VF / Pulseless VT

- شوکی اول: ۲۰۰ ژول (بای‌فازیک)
- شوکی دوم: ۲۰۰-۳۰۰ ژول
- شوکی‌های بعدی: ۲۰۰-۳۶۰ ژول (با طبق راهنمای دستگاه)

کاردیورژن (شوکی همزمان) AF / Aflutter / SVT

- شوکی اول: ۵-۱۰۰ ژول (بای‌فازیک)
- در صورت عدم موفقیت: ۱۲۰-۲۰۰ ژول
- در صورت نیاز: تا ۳۶۰ ژول



خواب درمانی الکتریکی (Electrosleeptherapy) :

«خواب درمانی الکتریکی» یا Electrosleep Therapy یک روش درمانی و فیزیوتراپی قدیمی است که در آن از جریان های الکتریکی بسیار ضعیف و با فرکانس پایین برای ایجاد آرام سازی سیستم عصبی، کاهش اضطراب و القای حالت خواب یا آرامش استفاده می شود.

این روش بیشتر در دهه های گذشته در پزشکی فیزیکی، روان پزشکی و توانبخشی کاربرد داشت و امروزه استفاده از آن محدودتر شده است.

در این روش، الکترودها معمولاً روی پیشانی، اطراف چشم ها یا پشت گوش ها قرار می گیرند و جریان الکتریکی خفیف پالسی به مغز منتقل می شود.

هدف «خواب درمانی الکتریکی»، کاهش تحریک پذیری سیستم عصبی مرکزی، افزایش آرامش، بهبود خواب، کاهش درد و تنش عضلانی است. این روش در گذشته برای بی خوابی، اضطراب و استرس، افسردگی خفیف، دردهای مزمن، سردرد، خستگی عصبی و برخی اختلالات روان تنی موارد زیر استفاده می شد.

خواب درمانی الکتریکی (Electrosleep Therapy)

استفاده از جریان‌های الکتریکی ضعیف و با فرکانس پایین برای القای آرامش، کاهش اضطراب و بهبود خواب

اجزای دستگاه



انواع الکترودها و محل قرارگیری



نکات قرارگیری الکترودها

- پوست تمیز و خشک باشد.
- از زل رسانا برای بهبود تماس استفاده شود.
- الکترودها باید محکم و بدون درد قرار داده شوند.

چگونگی اجرای خواب درمانی الکتریکی (مراحل انجام)



1 ارزیابی اولیه

بررسی شرح حال، وضعیت خواب، اضطراب و اطمینان از نبود منع مصرف.



2 آماده‌سازی بیمار

بیمار در محیط آرام و نیمه تاریک، روی تخت راحت به پشت دراز می‌کشد.



3 نصب الکترودها

الکترودها طبق نیاز درمانی روی پیشانی، اطراف چشم یا پشت گوش‌ها قرار داده می‌شوند.



4 تنظیم دستگاه

انتخاب فرکانس و شدت جریان مناسب (معمولاً فرکانس پایین: 0.5 تا 4 هرتز) شدت جریان بسیار کم و قابل تحمل تنظیم می‌شود.



5 شروع درمان

جریان درمانی به تدریج شروع می‌شود. بیمار احساس گزگز خفیف یا هیچ دردی ندارد.



6 طی جلسه درمان

بیمار به آرامش عمیق، خواب‌آلودگی و سنگینی پلک‌ها دست می‌یابد.

مدت معمول: 20 تا 60 دقیقه



7 پایان درمان

دستگاه خاموش می‌شود، الکترودها برداشته می‌شوند و پوست تمیز می‌شود. توصیه به استراحت کوتاه و نوشیدن آب.

تنظیمات معمول دستگاه

فرکانس (Hz)



معمولاً 0.5 تا 4 هرتز (فرکانس پایین)

شدت جریان (mA)



معمولاً 0.1 تا 1.5 میلی آمپر (جریان بسیار ضعیف)

کاربردهای احتمالی



بی‌خوابی



افسردگی خفیف



اضطراب و استرس



دردهای مزمن



خستگی عصبی



تنش عضلانی



سردرد



برخی اختلالات روان‌تنی

مکانیسم اثر



- جریان ضعیف و پالسی از طریق الکترودها به مغز منتقل می‌شود.
- کاهش تحریک‌پذیری سیستم عصبی مرکزی
- افزایش ترشح سروتونین و اندورفین‌ها
- القای آرامش و بهبود خواب

Electrosleep Therapy با ECT

Electrosleep Therapy (خواب درمانی الکتریکی)	(درمان تشنج الکتریکی)
جریان بسیار ضعیف	جریان قوی
بدون تشنج	ایجاد تشنج کنترل‌شده
ایجاد آرامش و بهبود خواب	درمان اختلالات شدید روان‌پزشکی
معمولاً بدون بیهوشی و عوارض جدی	همراه بیهوشی با عوارض احتمالی

VS

عوارض احتمالی (معمولاً خفیف و موقتی)

- سردرد خفیف
- سرگیجه
- تحریک پوستی محل الکترود
- خواب‌آلودگی موقت

موارد احتیاط و منع مصرف

- وجود ضریان‌ساز قلبی یا ایمپلنت‌های الکترونیکی.
- وجود ضایعات فعال پوستی در محل الکترود
- بارداری (به خصوص در سه ماهه اول)
- صرع کنترل‌نشده (با احتیاط)
- اختلالات شدید قلبی (با نظر پزشک)



نکات مهم

- جلسات معمولاً 5 تا 20 جلسه، 2 تا 5 بار در هفته انجام می‌شود.
- نتایج تدریجی است و به شرایط فرد بستگی دارد.
- این روش جایگزین درمان‌های اصلی پزشکی نیست و به‌عنوان روش کمکی استفاده می‌شود.



الکتروآکیوپانکچر (Electroacupuncture) :

الکتروآکیوپانکچر (Electroacupuncture) ترکیبی از طب سوزنی سنتی و تحریک الکتریکی است. در این روش، پس از وارد کردن سوزن‌های طب سوزنی در نقاط مشخص بدن، جریان الکتریکی ضعیف و کنترل‌شده‌ای بین سوزن‌ها برقرار می‌شود تا تحریک عصبی مداوم و قابل تنظیم ایجاد شود.

نحوه انجام الکتروآکیوپانکچر به صورت زیر است:

- ❖ درمانگر سوزن‌های بسیار نازک را در نقاط خاص بدن قرار می‌دهد.
- ❖ دستگاه الکتروآکیوپانکچر به بعضی از سوزن‌ها وصل می‌شود.
- ❖ پالس‌های الکتریکی با شدت و فرکانس پایین اعمال می‌شوند.
- ❖ بیمار معمولاً احساس لرزش خفیف، ضربان یا گزگز ملایم دارد.

مدت درمان اغلب بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه است.

از جمله کاربردهای این روش می‌توان به درد مزمن گردن و کمر، آرتروز، درد نوروپاتی، اسپاسم عضلانی، توان بخشی پس از سکته و تهوع پس از جراحی یا شیمی‌درمانی اشاره کرد.

الکتروآکیوپانکچر (ELECTROACUPUNCTURE)

الکتروآکیوپنچر ترکیب طب سوزنی سستی با تحریک الکتریکی ملایم است. در این روش، جریان الکتریکی با شدت کم از طریق سوزن‌های طب سوزنی به نقاط خاص بدن منتقل می‌شود تا اثرات درمانی طب سوزنی تقویت گردد.

اجزاء و تجهیزات

1 دستگاه الکتروآکیوپانکچر

- تولید و کنترل جریان الکتریکی
- تنظیمات شدت، فرکانس، حالت، پالس و زمان



2 سوزن‌های طب سوزنی

- استریل و یکبار مصرف
- با کیفیت و ضخامت مناسب



3 کابل‌های رابط

- کابل‌های خروجی از دستگاه
- دارای گیره‌های اتصال (کلیپس)



4 کلیپس‌های سوزنی

- اتصال مطمئن کابل به سوزن‌های طب سوزنی



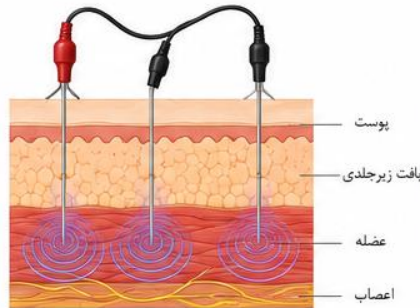
5 لوازم کمکی

- الکل، پنبه، محفظه سوزن‌های مصرفی
- دستکش، محلول ضدعفونی‌کننده



چگونه کار می‌کند؟

جریان الکتریکی ملایم از طریق سوزن‌ها به بافت‌ها منتقل می‌شود.



اثرات اصلی

- تحریک اعصاب محیطی و آزادسازی اندورفین‌ها
- بهبود گردش خون و کاهش التهاب
- تعدیل درد و اسپاسم عضلانی
- تنظیم عملکرد سیستم عصبی

مراحل انجام الکتروآکیوپانکچر

1 ارزیابی و تشخیص



بررسی علائم، اخذ شرح حال و تشخیص نقاط مناسب

2 آماده‌سازی



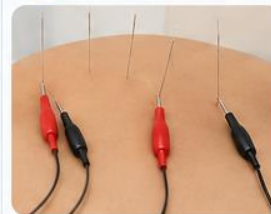
تمیز کردن محل نقاط با الکل

3 وارد کردن سوزن‌ها



وارد کردن سوزن‌های استریل در نقاط انتخاب شده

4 اتصال سوزن‌ها به دستگاه



اتصال کلیپس‌های کابل به انتهای سوزن‌ها

5 تنظیم دستگاه



تنظیم شدت، فرکانس، حالت پالس و زمان درمان

6 شروع درمان



شروع تحریک الکتریکی (معمولاً ۱۵ تا ۳۰ دقیقه)

حالت‌های تحریک رایج

موج پیوسته (DC)



تحریک ثابت برای تسکین درد مزمن

موج متناوب (AC)



تحریک متناوب با فرکانس‌های مختلف برای درد حاد و اسپاسم

موج متناوب با پالس (Dense-Disperse)



ترکیب دوره‌های با فرکانس بالا و پایین برای اثرات گسترده‌تر

موارد کاربرد

دردهای عضلانی - اسکلتی (کمر، گردن، شانه، زانو)

- ✓ سردرد و میگرن
- ✓ آرتروز و التهاب مفاصل
- ✓ نورالژی‌ها و نوروپاتی‌ها



- ✓ اسپاسم عضلانی
- ✓ درمان‌های توانبخشی
- ✓ دردهای مزمن
- ✓ اختلالات عملکردی

نکات ایمنی و مهم

- دستگاه و سوزن‌ها باید استاندارد و استریل باشند.
- شدت جریان باید متناسب با تحمل بیمار تنظیم شود.
- از قرار دادن سوزن در نواحی دارای منع استفاده شود (مانند ناحیه قلب در بیماران با پیس‌میکر).
- مدت درمان معمولاً ۱۵ تا ۳۰ دقیقه است.
- فقط توسط افراد آموزش‌دیده انجام شود.



الکتروآکیوپانکچر روشی ایمن و مؤثر است که با ترکیب دانش طب سوزنی و فناوری تحریک الکتریکی، نتایج درمانی بهتری را فراهم می‌کند.

الکتروژیمناستیکس (Electrogymnastics) :

«الکتروژیمناستیکس» (Electrogymnastics) یا «ژیمناستیک الکتریکی» روشی در فیزیوتراپی و الکتروتراپی است که در آن با استفاده از تحریک الکتریکی عضلات، انقباضات عضلانی مصنوعی ایجاد می‌شود تا عملکرد عضلات حفظ یا تقویت گردد.

امروزه واژه «الکتروژیمناستیکس» کمتر استفاده می‌شود و بیشتر از اصطلاحات زیر استفاده می‌شود که نسخه‌های علمی‌تر و پیشرفته‌تر همین ایده هستند:

- ❖ EMS (Electrical Muscle Stimulation)
- ❖ NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation)
- ❖ Functional Electrical Stimulation (FES)

هدف اصلی این روش، ایجاد انقباض عضلانی از طریق جریان الکتریکی برای تقویت عضلات ضعیف، جلوگیری از آتروفی (تحلیل عضله)، بهبود گردش خون و کمک به توانبخشی حرکتی است.

الکتروژیمناستیکس (ELECTROGYMNASTICS)

الکتروژیمناستیکس روشی برای تقویت و فرم‌دهی عضلات با استفاده از تحریک الکتریکی است. در این روش، سنسورها توسط پالس‌های الکتریکی ایجاد می‌شود و همزمان فرد حرکات ورزشی را انجام می‌دهد تا اثر تمرین بیشتر شود.

اجزاء و تجهیزات

1 دستگاه الکتروستیمولاتور

تولید و تنظیم پالس‌های الکتریکی (شدت، فرکانس، زمان)

2 کابل‌ها و سیم‌ها

انتقال پالس الکتریکی از دستگاه به الکترودها

3 الکترودها (پدها)

قرار می‌گیرند روی پوست در محل عضلات هدف

4 ژل یا اسپری رسانا

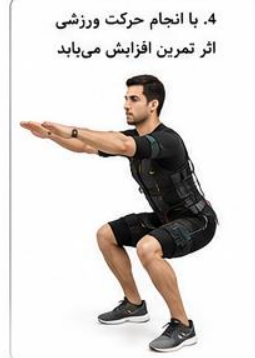
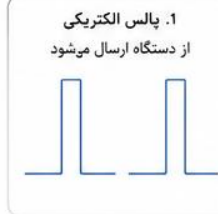
بهبود رسانایی بین پوست و الکترودها و کاهش مقاومت

5 لباس یا ایزولاسیون (اختیاری)

برای ایمنی، بهداشت و تمرکز بهتر تحریک روی عضلات هدف

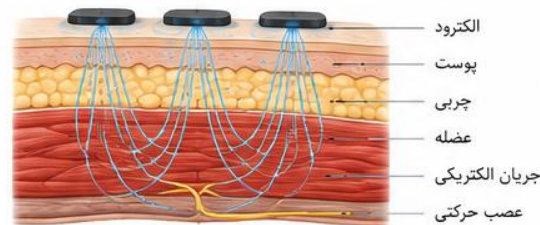


چگونه کار می‌کند؟



مزایا

- ✓ تقویت عضلات عمیق
- ✓ بهبود استقامت و قدرت عضلانی
- ✓ کاهش چربی و فرم‌دهی بدن
- ✓ مناسب برای افراد کم‌تحرك یا در دوران توانبخشی
- ✓ صرفه‌جویی در زمان تمرین



چگونگی اجرای الکتروژیمناستیکس



نکات مهم

- شدت تحریک باید قابل تحمل باشد؛ دردناک نباشد.
- به مقدار کافی آب بنوشید.
- قبل از شروع، با متخصص مشورت کنید (به‌ویژه در صورت بیماری قلبی، بارداری، صرع و ...).
- از دستگاه استاندارد و الکترودهای باکیفیت استفاده کنید.
- حرکات ورزشی را صحیح و کنترل‌شده انجام دهید.

کاربردها



تقویت و فرم‌دهی عضلات



کاهش چربی و سلولیت



توانبخشی بعد از مصدومیت



صرفه‌جویی در زمان تمرین



مناسب برای افراد کم‌تحرك

موارد منع مصرف

- استفاده از پیم‌یکر یا دستگاه‌های الکترونیکی کاشتنی
- بارداری
- صرع
- بیماری‌های قلبی شدید
- وجود تومور یا عفونت در محل الکترودها

انعقاد الکتریکی (Electrocoagulation) :

انعقاد الکتریکی روشی پزشکی و جراحی است که در آن از جریان الکتریکی با فرکانس بالا برای ایجاد گرما، انعقاد بافت، کنترل خونریزی یا تخریب بافت‌های غیرطبیعی استفاده می‌شود. این روش یکی از تکنیک‌های مهم در جراحی الکتریکی (Electrosurgery) محسوب می‌شود.

وقتی جریان الکتریکی از بافت عبور می‌کند مقاومت بافت باعث تولید گرما می‌شود. دمای بالا موجب انعقاد پروتئین‌ها، بسته شدن عروق خونی و تخریب کنترل شده بافت می‌گردد.

اهداف اصلی این روش، کنترل خونریزی (هموستاز)، سوزاندن یا تخریب ضایعات، بستن عروق کوچک، حذف بافت‌های غیرطبیعی است.

انعقاد الکتریکی (ELECTROCOAGULATION)

انعقاد الکتریکی روشی است که در آن از جریان الکتریکی با فرکانس بالا برای ایجاد گرما در بافت هدف استفاده می‌شود تا باعث انعقاد پروتئین‌ها، توقف خونریزی و تخریب بافت‌های ناخواسته گردد.

اجزاء و تجهیزات

1 دستگاه الکتروکوتاتور (ESU)

- تامین و کنترل جریان الکتریکی
- یا فرکانس بالا
- تنظیم حالت عملکرد و توان خروجی



2 هندپس (قلم الکتریکی)

- انتقال جریان از دستگاه به بافت
- دارای دکمه فعال‌سازی (بیالی با دستی)



3 الکتروود فعال (نوک)

- انواع گوناگون: سوزنی، توبکی، حلقه‌ای،
- کارتنی، سوزنی مستقیم و ...



4 پد خنثی (الکتروود برگشتی)

- تکمیل مدار الکتریکی از بیمار به دستگاه
- محل قرارگیری: پوست تمیز و بدون مو



5 پدال (فوت‌سوئیچ)

- کنترل فعال و غیرفعال کردن جریان
- برای افزایش ایمنی و دقت عمل



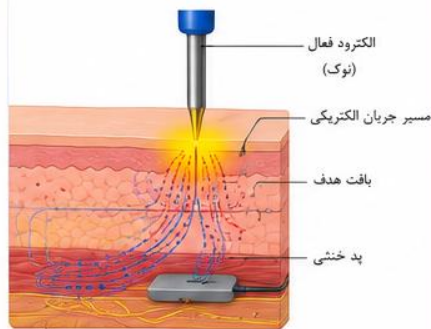
6 کابل‌ها و اتصالات

- اتصال ایمن بین تمامی اجزاء



مکانیسم اثر

جریان فرکانس بالا باعث تولید گرما در نوک الکتروود و بافت هدف می‌شود.



مراحل انجام انعقاد الکتریکی

1 آماده‌سازی



- ضدعفونی ناحیه هدف
- قرار دادن بیمار در وضعیت مناسب

2 قرار دادن پد خنثی



- انتخاب محل مناسب (ران، باسن، پشت)
- اتصال کابل پد خنثی به دستگاه

3 انتخاب تنظیمات دستگاه



- انتخاب حالت Coag
- تنظیم توان (وات) مناسب

4 قرار دادن الکتروود فعال



- انتخاب نوک مناسب بر اساس کاربرد
- اتصال هندپس به دستگاه

5 فعال‌سازی جریان



- فشار دادن پدال با دکمه فعال‌سازی
- تماس نوک با بافت هدف

6 انعقاد و هموستاز



- حرکت آرام نوک در محل مورد نظر
- ایجاد انعقاد و توقف خونریزی

حالت‌های عملکرد در الکتروکوتاتور

Coag (انعقاد)

خروجی جریان غیرپیوسته
وکنار بالا



مناسب برای: انعقاد هموستاز،
تخریب بافت

Spray Coag (اسپری انعقاد)

خروجی غیرپیوسته
با انتشار فوس الکتریکی



مناسب برای: انعقاد سطحی
در نواحی وسیع

Fulgurate (فولگوراسیون)

خروجی مداوم با فوس الکتریکی



مناسب برای: تخریب بافت‌های
بزرگ و سریع

انواع نوک الکتروود فعال

سوزنی



توبی



حلقه‌ای



کاردی (تیغه‌ای)



سوزنی مستقیم



سوزنی زاویه‌دار



انتخاب نوع نوک بر اساس نوع بافت، دقت مورد نیاز و هدف درمانی انجام می‌شود.

کاربردها

- ✓ کنترل و توقف خونریزی
- ✓ برداشتن زائده‌های پوستی
- ✓ تخریب ضایعات عروقی
- ✓ برداشتن زگیل‌ها
- ✓ جراحی‌های سربایی و دهان و دندان
- ✓ درمان‌تولوزی، زنان، ENT و ...

نکات ایمنی

- بررسی سلامت پد خنثی و تماس کامل آن با پوست
- عدم قرار دادن پد روی زخم یا نواحی استخوانی
- عدم استفاده در حضور گازهای قابل اشتعال
- تنظیم حداقل توان موثر
- بررسی منظم کابل‌ها و اتصالات
- استفاده از عینک و تجهیزات حفاظتی مناسب



الکتروکوتاتور با استفاده از جریان فرکانس بالا و تولید گرما در نوک الکتروود، باعث انعقاد بافت و توقف خونریزی می‌شود. انتخاب صحیح تجهیزات، تنظیم مناسب دستگاه و رعایت نکات ایمنی، کلید یک روش موفق و ایمن است.

الکترونارکوسیس (Electronarcosis) :

«بی‌هوشی الکتریکی» روشی است که در آن با استفاده از جریان الکتریکی کنترل شده، فعالیت سیستم عصبی به طور موقت سرکوب می شود تا حالت بی‌هوشی، بی حرکتی یا کاهش درد ایجاد شود. این ایده بیشتر در پژوهش‌های تاریخی بی‌هوشی و علوم اعصاب مطرح بوده و امروزه کاربرد پزشکی بسیار محدودی دارد.

در این روش، الکترودها روی بخش‌هایی از بدن یا سر قرار می‌گیرند و جریان الکتریکی با فرکانس و شدت مشخص اعمال می‌شود. هدف این است که انتقال پیام‌های عصبی تغییر کند و بیمار وارد حالت کاهش هوشیاری شود.

در اواسط قرن بیستم، پژوهشگران تلاش کردند الکترونارکوسیس را به عنوان جایگزینی برای بی‌هوشی شیمیایی توسعه دهند. برخی آزمایش‌ها در اروپا و اتحاد جماهیر شوروی سابق انجام شد. با پیشرفت داروهای بی‌هوشی ایمن تر و قابل کنترل تر، این روش تقریباً کنار گذاشته شد.

الکترونارکوسیس (ELECTRONARCOSIS)

الکترونارکوسیس روشی نیست که از جریان الکتریکی پالسی با فرکانس متوسط برای ایجاد بی‌حسی، تسکین درد به‌کار می‌رود. این روش با مهار هدایت عصبی و کاهش انتقال حس درد عمل می‌کند.

اجزاء و تجهیزات

1 دستگاه الکترونارکوسیس

تولید جریان پالسی با فرکانس متوسط (معمولاً ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هرتز)



2 کابل‌های خروجی

کابل‌های اتصال جریان به الکترودها



3 الکترودها

الکترودهای لاستیکی با چسبی در اشکال مختلف (دایره‌ای، مستطیلی)



4 باند و نگهدارنده

برای ثابت نگه داشتن الکترودها در محل درمان



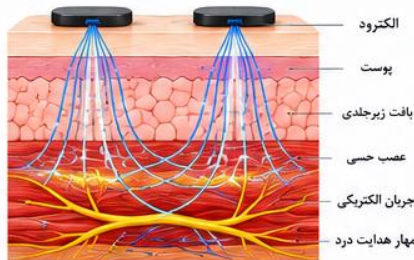
5 ژل رسانا

بهبود رسانایی و کاهش مقاومت پوست



چگونه عمل می‌کند؟

جریان پالسی با فرکانس متوسط باعث تغییر نفوذپذیری غشاء عصب، مهار هدایت درد و ایجاد احساس بی‌حسی و آرامش می‌شود.



اثرات اصلی

تسکین درد حاد و مزمن

ایجاد بی‌حسی موضعی (مانند بی‌حسی دندانپزشکی)

کاهش اسپاسم عضلانی

افزایش آستانه درد و احساس آرامش



مراحل انجام الکترونارکوسیس

1 ارزیابی و آماده‌سازی



- بررسی شرح حال و تعیین ناحیه درد
- تمیز کردن پوست و خشک کردن آن

2 قرار دادن الکترودها



- انتخاب الکترودها (سایز و شکل مناسب)
- قرار دادن الکترودها روی ناحیه درمان (فاصله مناسب بین الکترودها)

3 تنظیم دستگاه



- انتخاب حالت: MF (فرکانس متوسط)
- تنظیم فرکانس: ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هرتز
- تنظیم شدت جریان تا حد احساس بی‌حسی ملایم و راحت

4 شروع درمان



- شروع جریان به صورت تدریجی
- مدت زمان معمول: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه

5 پایان درمان



- خاموش کردن دستگاه
- برداشتن الکترودها
- پاک کردن ژل از پوست

تنظیمات پیشنهادی (عمومی)

- حالت: MF
- فرکانس: ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ هرتز
- مدت پالس: ۲۵۰ تا ۲۰۰۰ میکروثانیه
- شدت جریان: تا آستانه بی‌حسی
- مدت زمان: ۱۵ تا ۳۰ دقیقه

کاربردها

- بی‌حسی قبل از روش‌های ترمیمی در دندانپزشکی
- تسکین دردهای حاد و مزمن (کمر درد، زانو، شانه و ...)
- کاهش اسپاسم و گرفتگی عضلات
- کاهش درد قبل و بعد از جراحی
- بی‌حسی موضعی در فیزیوتراپی و توانبخشی

نمونه چیدمان الکترودها



نکته: فاصله بین الکترودها بر اساس اندازه ناحیه درمان و نوع درد تنظیم شود.

مزایا

- ✓ غیرتهاجمی و بدون دارو
- ✓ بی‌خطر در صورت استفاده صحیح
- ✓ قابلیت تنظیم پارامترها دقیق
- ✓ قابل استفاده در گروه‌های سنی مختلف
- ✓ قابل ترکیب با سایر روش‌های درمانی

نکات ایمنی و موارد منع مصرف

- عدم استفاده در بیماران دارای پیس‌میکر
- عدم قرار دادن پدها روی نواحی آسیب‌دیده یا عفونی
- عدم استفاده در دووان بارداری (ناحیه شکم و لگن)
- عدم استفاده در افراد مبتلا به سرعت کنترل‌نشده
- عدم قرار دادن الکترودها روی سر، قلب و گردن
- بررسی منظم کابل‌ها و اتصالات قبل از درمان



انتخاب پارامترها و محل قرارگیری الکترودها باید بر اساس هدف درمان، وضعیت بیمار و تحمل فردی انجام شود.

الکتروتتانوس تراپی (Electrotetanustherapy) :

الکتروتتانوس تراپی (Electrotetanus Therapy) یا «درمان با تتانوس

الکتریکی» یک روش قدیمی و نسبتاً منسوخ در الکتروتراپی و روان پزشکی / نورولوژی بود که در آن با استفاده از جریان الکتریکی، انقباض شدید و پایدار عضلات (تتانوس عضلانی) یا تشنج کنترل شده ایجاد می شد.

این روش به دلیل مشکلات آن از جمله درد و ناراحتی شدید، آسیب عضلانی، خطرات قلبی، کنترل پذیری پایین و عوارض عصبی منسوخ شد و روش های ایمن تر و علمی تر جای آن را گرفتند.

الکتروتتانوس تراپی (Electrotetanus Therapy – ETT)

استفاده از جریان الکتریکی فرکانس پایین برای ایجاد انقباض تتانیک عضله و بهبود عملکرد

اجزاء و تجهیزات

1 دستگاه الکتروتتانوس تراپی

تولید جریان
فرکانس پایین



2 کابلها

اتصال دستگاه
به الکترودها



3 الکترودهای سطحی

(پدهای خودچسب)
انتقال جریان به عضله



4 ژل/اسپری رسانا

کاهش مقاومت پوست
و بهبود هدایت جریان



نحوه قرارگیری الکترودها



مکانیسم اثر



مزایا

- افزایش قدرت و حجم عضله
- بهبود گردش خون موضعی
- پیشگیری/کاهش آتروفی عضلانی
- بهبود عملکرد در بازتوانی ورزشی و بالینی

موارد کاربرد

- بازتوانی پس از جراحی و بی حرکتی
- آسیب های ورزشی
- ضعف و آتروفی عضلانی
- توان بخشی سالمندان و نورولوژیک

پارامترهای متداول درمان

- فرکانس: 30-50Hz
- عرض پالس: 200-500µs
- مدت انقباض (ON): 5-10 ثانیه
- مدت استراحت (OFF): 70-100 ثانیه
- مدت جلسه: 15-20 دقیقه
- شدت: تا رسیدن به انقباض تتانیک قابل تحمل
- تعداد جلسات: 5-2 جلسه در هفته

مراحل اجرای درمان



نکات و احتیاطها

- عدم استفاده در افراد دارای ضربان ساز قلبی
- عدم استفاده در بارداری (شکم و کمر)
- عدم استفاده روی نواحی بدخیم، عفونت فعال و قلبیت
- تنظیم شدت بر اساس تحمل بیمار
- استفاده از ژل رسانا برای کاهش مقاومت پوست

الکتروتتانوس تراپی باید توسط درمانگر آموزش دیده و بر اساس ارزیابی بالینی و هدف درمانی انجام شود.

فهرست مطالب

۱ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از سطح بدن

۲ مثال: الکتروکاردیوگرام

۳ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از بافت

۴ ثبت سیگنال‌های الکتریکی از تک سلول

۵ جمع‌بندی نکات مهم مبحث سوم

۶ پیوست: تکنیک‌های پزشکی الکتریکی

باساس از توجه شما

