

# پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی



Dr. Maleki

<http://maleki.semnan.ac.ir/>

<https://amaleki.profile.semnan.ac.ir>

# مبحث تکمیلی

ویژگی‌های سیگنال‌های زیست پزشکی دینامیک



# فهرست مطالب

- مقدمه 
- سیگنال‌های بیوالکتریک
- امپدانس
- سیگنال‌های صوتی
- سیگنال‌های مکانیکی
- سیگنال‌های بیومغناطیسی
- سیگنال‌های بیوشیمیایی
- سیگنال‌های دوبعدی



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل
- الکترونوگرام
- الکترورتینوگرام
- الکترواکولوگرام
- الکتروانسفالوگرام
- پتانسیل برانگیخته
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه

سیگنال‌های بیوالکتریک

امپدانس

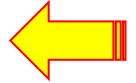
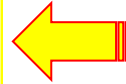
سیگنال‌های صوتی

سیگنال‌های مکانیکی

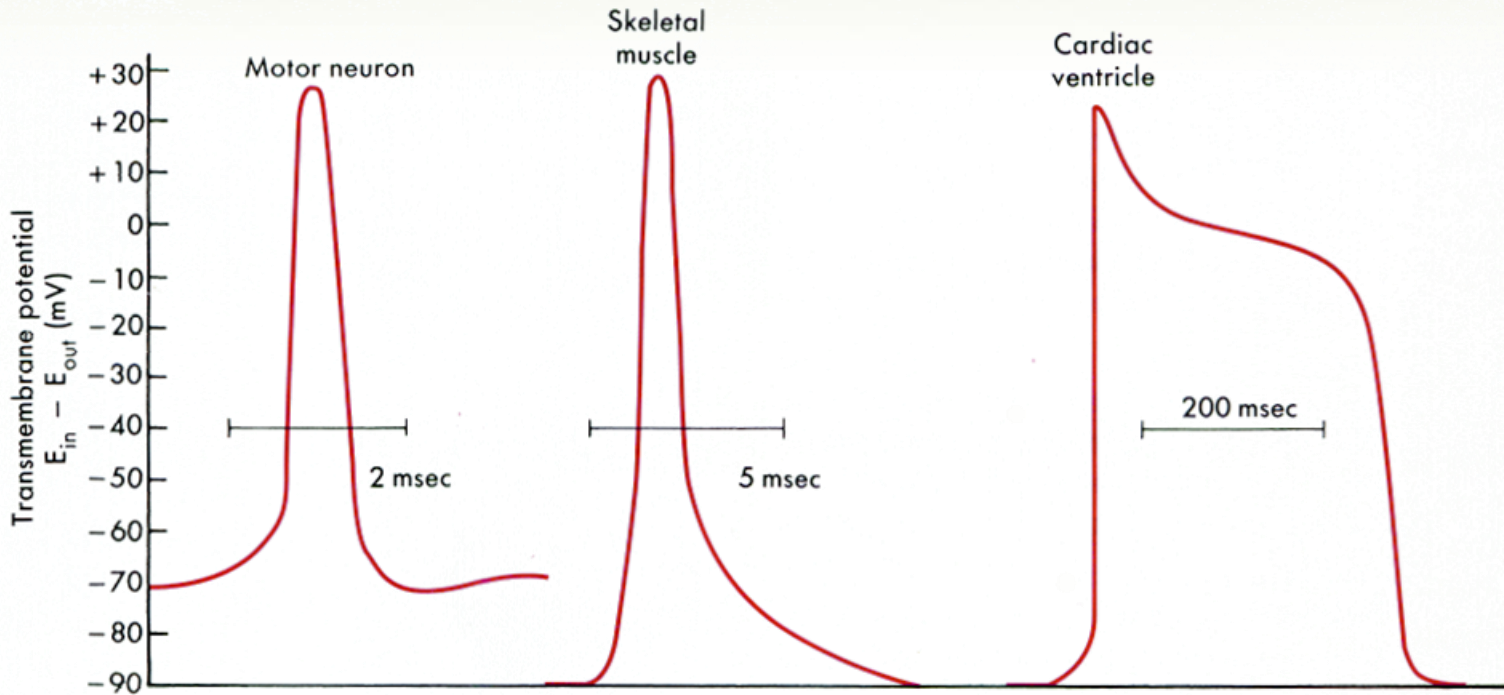
سیگنال‌های بیومغناطیسی

سیگنال‌های بیوشیمیایی

سیگنال‌های دوبعدی



# پتانسیل عمل



توصیف پتانسیل عمل:

پتانسیل ایجاد شده توسط غشاء تحریک پذیر سلول عصبی یا عضلانی

روش اندازه گیری:

قرار دادن یک میکروالکتروود درون سلول و الکتروود مرجع در مایعات بین سلولی



# پتانسیل عمل

## ملاحظات تجهیزات ثبت:

میکروالکتروود دارای امپدانس ورودی بسیار بالایی است از این رو بایستی تقویت کننده‌ای با عدد نویز و امپدانس ورودی بسیار بالا استفاده گردد.

## ملاحظات پردازش:

در بیشتر کاربردها، شکل پتانسیل عمل مورد توجه نیست بلکه فاصله‌ی بین اسپایک‌ها (**interspike interval**) مورد توجه می‌باشد. از این رو معمولا محل اسپایک‌ها تعیین شده و از روش **point process** استفاده می‌گردد.

## ویژگی‌های سیگنالی:

دامنه‌ی پتانسیل عمل حدود ۱۰۰ میلی‌ولت می‌باشد.  
محدوده‌ی فرکانسی مورد نیاز آن حدود ۲ کیلو هرتز است.



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونروگرام ←
- الکترورتینوگرام
- الکترواُکولوگرام
- الکتروانسفالوگرام
- پتانسیل برانگیخته
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○



# الکترونروگرام (ENG)

توصیف الکترونروگرام (Electroneurogram):

دریافت میدان ایجاد شده توسط عصب (nerve) بدون وارد شدن به غشاء یک سلول.

روش اندازه‌گیری:

قرار دادن الکتروود سوزنی درون عصب یا حتی نصب الکتروود سطحی روی پوست.





# الکترونروگرام (ENG)

## ملاحظات پردازش:

به دلیل دامنه‌ی پایین سیگنال ENG، اغلب از روش متوسط‌گیری همزمان (**synchronized averaging method**) برای افزایش نسبت سیگنال به نویز استفاده می‌گردد.

## ویژگی‌های سیگنالی:

دامنه‌ی الکترونروگرام از ۵ میکروولت تا ۱۰ میلی‌ولت می‌باشد.  
محدوده‌ی فرکانسی مورد نیاز آن حدود ۱ کیلوهرتز است.



# الکترونروگرام (ENG)

کاربرد کلینیکی:

محاسبه‌ی سرعت انتقال عصب (nerve conduction velocity) به منظور تشخیص آسیب یا بهبود عصب.

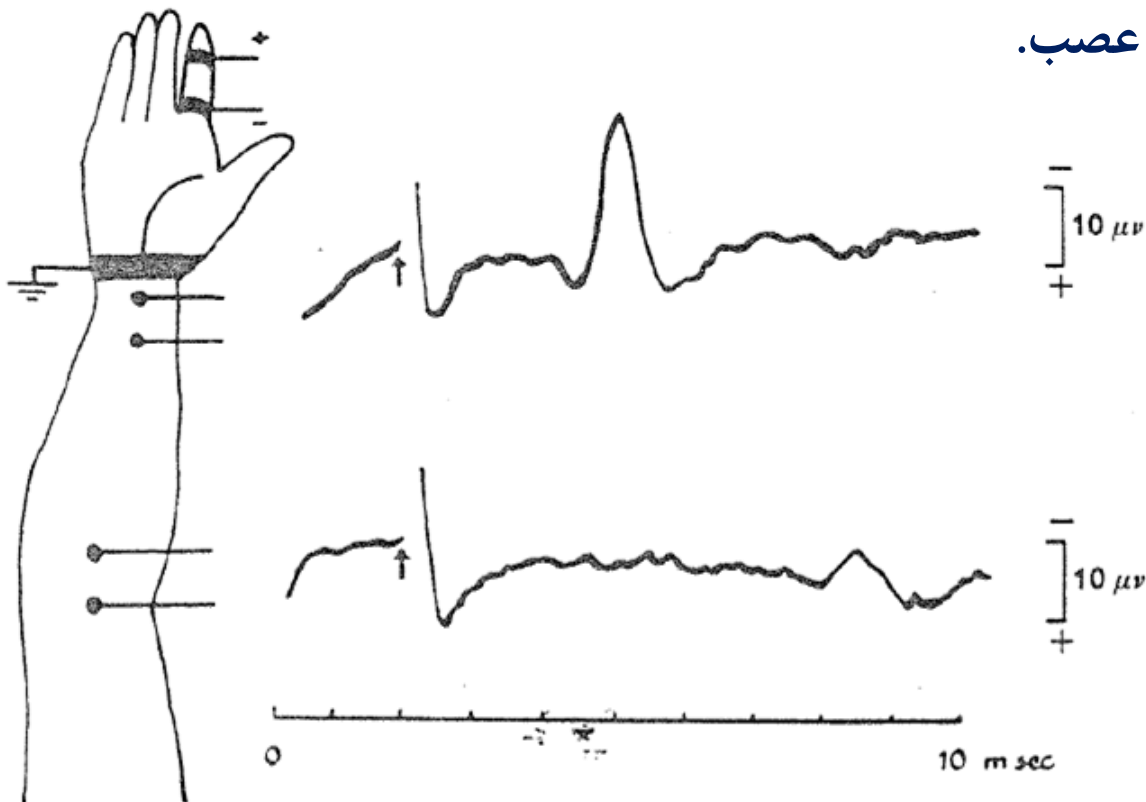


FIGURE 1. Sensory nerve action potentials evoked from the median nerve at the elbow and wrist after stimulation of the index finger. (From Lenman, J. A. R. and Ritchie, A. E., *Clinical Elec-*

الکترونروگرام ثبت شده توسط الکتروود سطحی از عصب median.

# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونوگرام ✓
- الکترورتینوگرام ←
- الکترواکولوگرام
- الکتروانسفالوگرام
- پتانسیل برانگیخته
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس

سیگنال‌های صوتی

سیگنال‌های مکانیکی

سیگنال‌های بیومغناطیسی

سیگنال‌های بیوشیمیایی

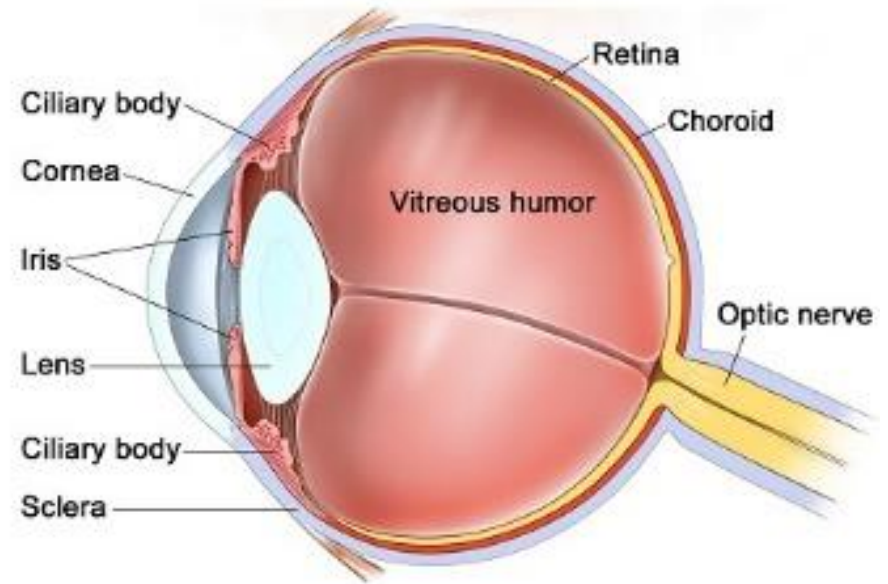
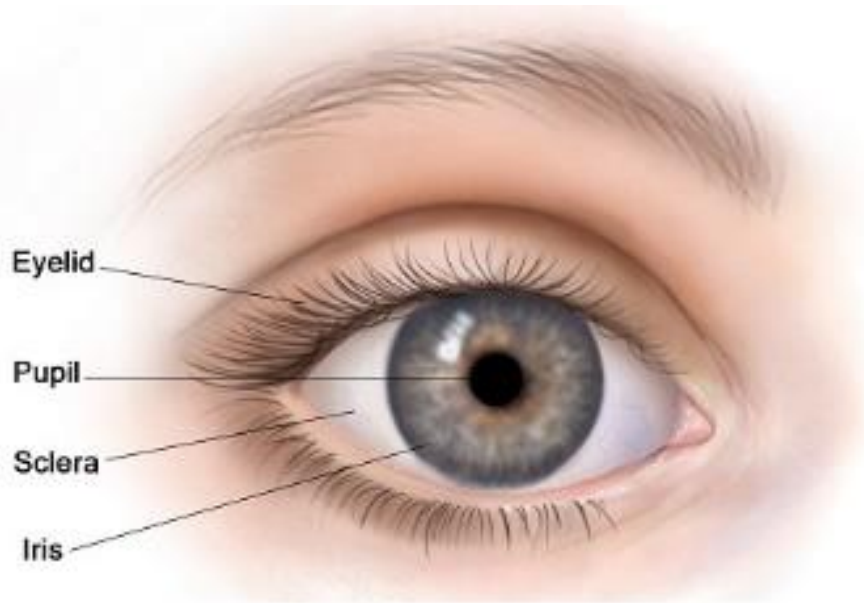
سیگنال‌های دوبعدی



# الکترورتینوگرام (ERG)

توصیف الکترورتینوگرام (Electroretinogram):

پتانسیل تولید شده توسط شبکیه است. اغلب از الکترورتینوگرام برانگیخته (evoked ERG) استفاده می‌شود که پتانسیل تولید شده به واسطه‌ی فلش نوری کوتاهی است.

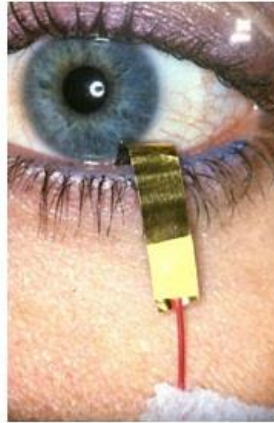


# الکترورتینوگرام (ERG)

روش اندازه‌گیری:

برای مقاصد پژوهشی، ERG توسط یک میکروالکتروود کاشته شده در شبکیه و یک الکتروود مشترک (indifference) سطحی بر نرمه گوش، گیج‌گاه یا پیشانی دریافت می‌گردد.

برای مقاصد کلینیکی، از الکتروود قرنیه (معمولا به صورت یک لنز تماسی ویژه) استفاده می‌گردد.



*some corneal ERG electrodes*



# الکترو رتینوگرام (ERG)

الگوی شکل موج سیگنال:

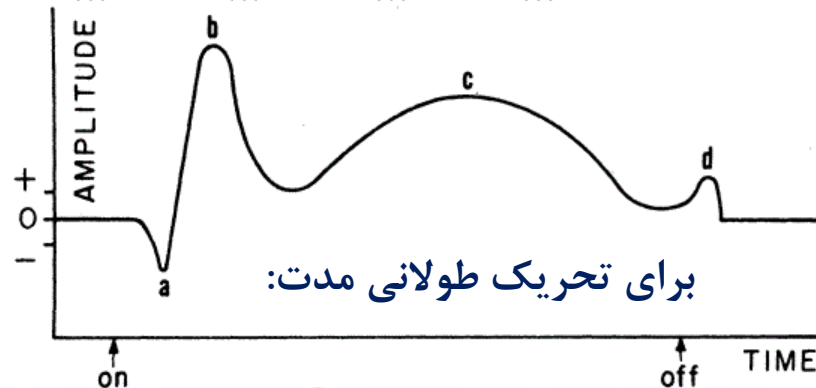
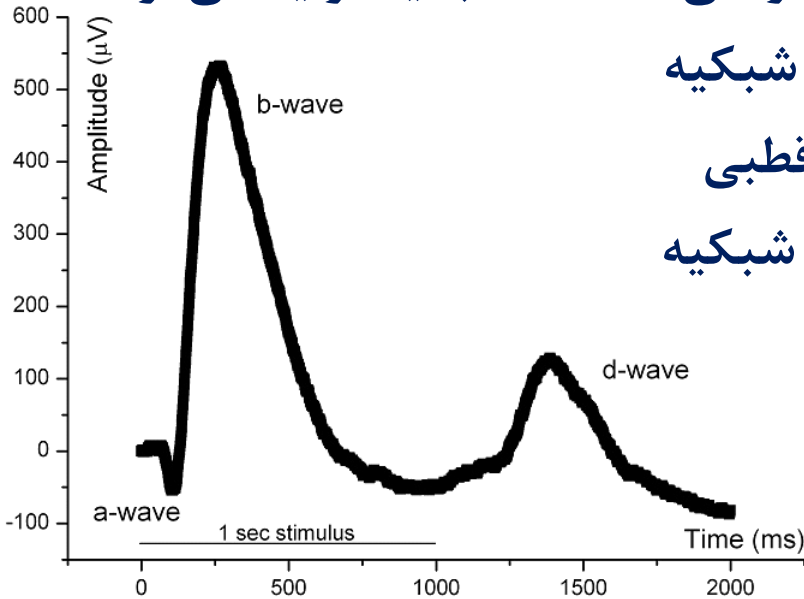
ERG نوعی شامل چهار بخش است که توسط نواحی مختلف شبکیه تولید می‌گردند:

موج a (منفی): احتمالا مربوط به نواحی عمیق شبکیه

موج b (مثبت): احتمالا از ناحیه سلول‌های دو قطبی

موج c (مثبت): احتمالا مربوط به نواحی عمیق شبکیه

موج d (مثبت): متناظر با خاتمه تحریک



برای تحریک طولانی مدت:

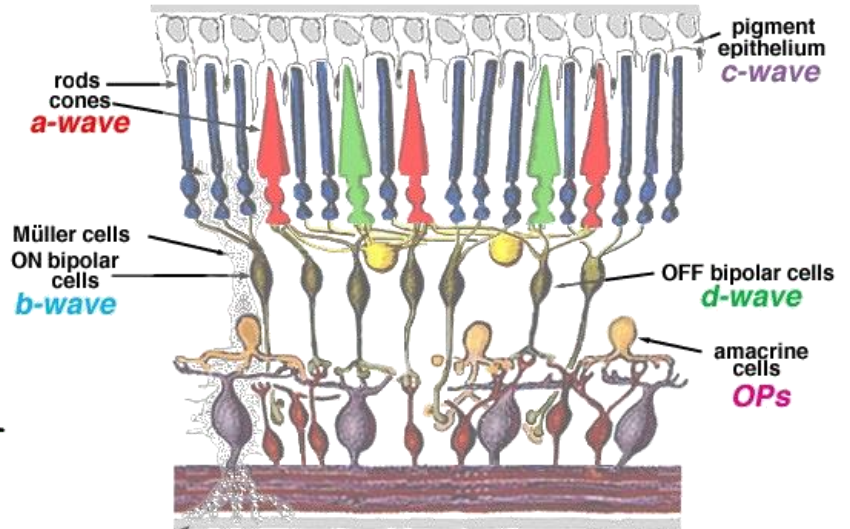


Fig.3 Cartoon of the retina to show where the major components of the ERG originate.

# الکترورتینوگرام (ERG)

## ملاحظات پردازش:

اغلب از متوسط‌گیری همزمان (**synchronized averaging**) استفاده می‌گردد.

## ویژگی‌های سیگنالی:

دامنه‌ی الکترورتینوگرام در کاربردهای کلینیکی از  $0.5$  میکروولت تا  $1$  میلی‌ولت می‌باشد. در کاربردهای پژوهشی که الکتروود مستقیماً در شبکیه کاشته می‌شود دامنه به مراتب بالاتر است.

محدوده‌ی فرکانسی آن حدود  $0.2$  تا  $200$  هرتز است.

دوره‌ی موج‌های  $a$ ،  $b$  و  $c$  حدود  $0.25$  تا  $1.5$  ثانیه است.



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونروگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواُکولوگرام ←
- الکتروانسفالوگرام
- پتانسیل برانگیخته
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○





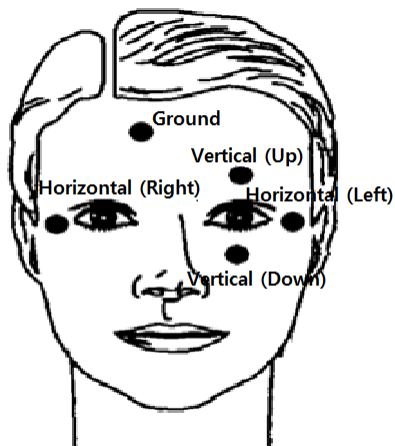
# الکترواُکولوگرام (EOG)

توصیف الکترواُکولوگرام (Electro-Oculogram):

ثبت پتانسیل دائمی قرنیه-شبکیه.

روش اندازه‌گیری:

قرار دادن جفت الکترودهای سطحی در چپ-راست و بالا-پایین چشم‌ها.



Looking forward  
Electrode A: neutral  
Electrode B: neutral



Looking left  
Electrode A: positive  
Electrode B: negative



# الکترواُکولوگرام (EOG)

ویژگی‌های سیگنالی:

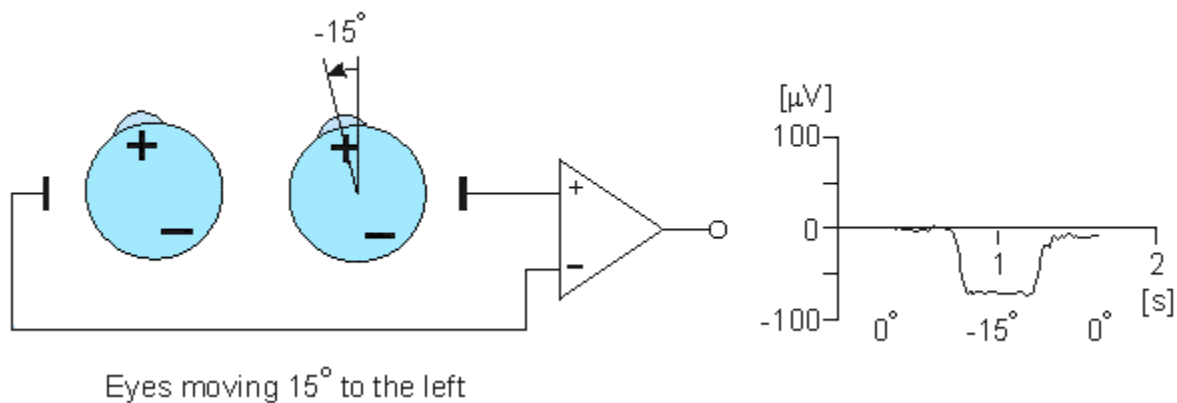
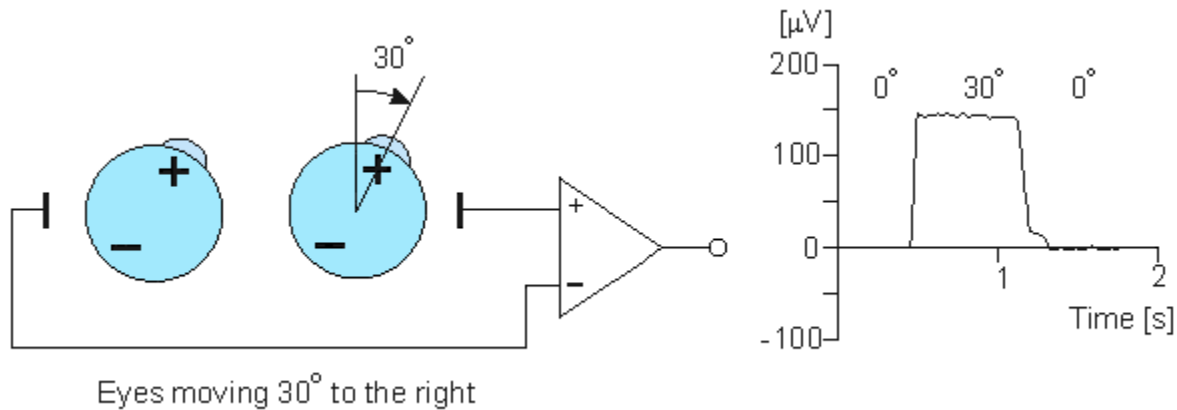
دامنه‌ی الکترواُکولوگرام از ۱۰ میکروولت تا ۵ میلی‌ولت می‌باشد.  
محدوده‌ی فرکانسی آن از DC تا ۱۰۰ هرتز است.



# الکترواکولوگرام (EOG)

کاربرد کلینیکی و پژوهشی:

اندازه‌گیری موقعیت چشم مثلا در مطالعات خواب.



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونوگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواکولوگرام ✓
- الکتروانسفالوگرام ←
- پتانسیل برانگیخته
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

توصیف الکتروانسفالوگرام (Electroencephalogram):

پتانسیل تولید شده توسط فعالیت الکتریکی مغز است. اغلب از الکتروانسفالوگرام برای بررسی عملکرد بخش‌های مختلف مغز استفاده می‌شود.

شیوه‌های بررسی فعالیت الکتریکی مغز:

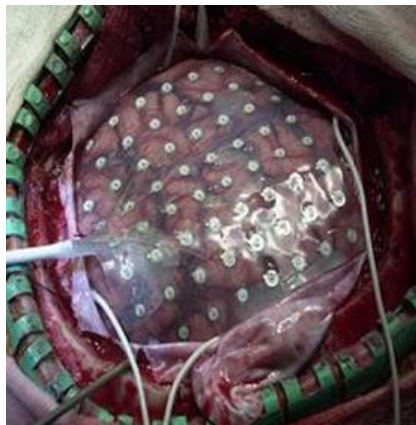
- ۱- فعالیت خودبخود (spontaneous): حاصل از میدان الکتریکی مغز
- ۲- پتانسیل‌های برانگیخته (evoked potential): پتانسیل ایجاد شده توسط مغز در نتیجه‌ی تحریکی خاص (همچون فلاش نوری، کلیک صوتی و ...)



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

انواع ثبت الکتروانسفالوگرام:

- ۱- ثبت عمقی (depth recording): با نصب الکترودهای سوزنی در بافت عصبی مغز
- ۲- الکتروکورتیکوگرام (electrocorticogram): با نصب الکترودهایی بر قشر مغز
- ۳- ثبت سطحی غیرتهاجمی از سطح جمجمه: با استفاده از الکترودهای سطحی.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

روش اندازه‌گیری:

- در ثبت‌های چند الکتروودی متداول، الکتروودها در نواحی پیشانی، مرکزی، گیجگاهی، آهیانه‌ای و پس‌سری قرار می‌گیرند.
- دو الکتروود مشترک نیز بر نرمه‌ی گوش‌ها نصب می‌شوند.
- تفاضل پتانسیل بین الکتروودهای مختلف رسم می‌گردد.
- حالت‌های ثبت عبارتند از: تک قطبی (unipolar)، متوسط‌گیری مرجع (averaging reference) و دو قطبی (bipolar).



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

یادآوری نواحی مختلف سر:

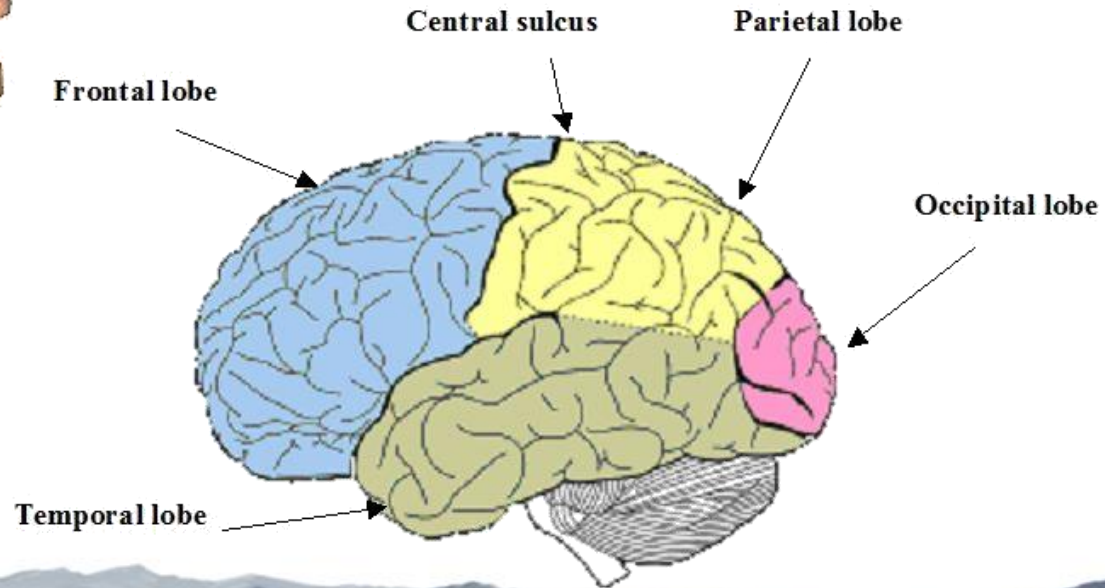
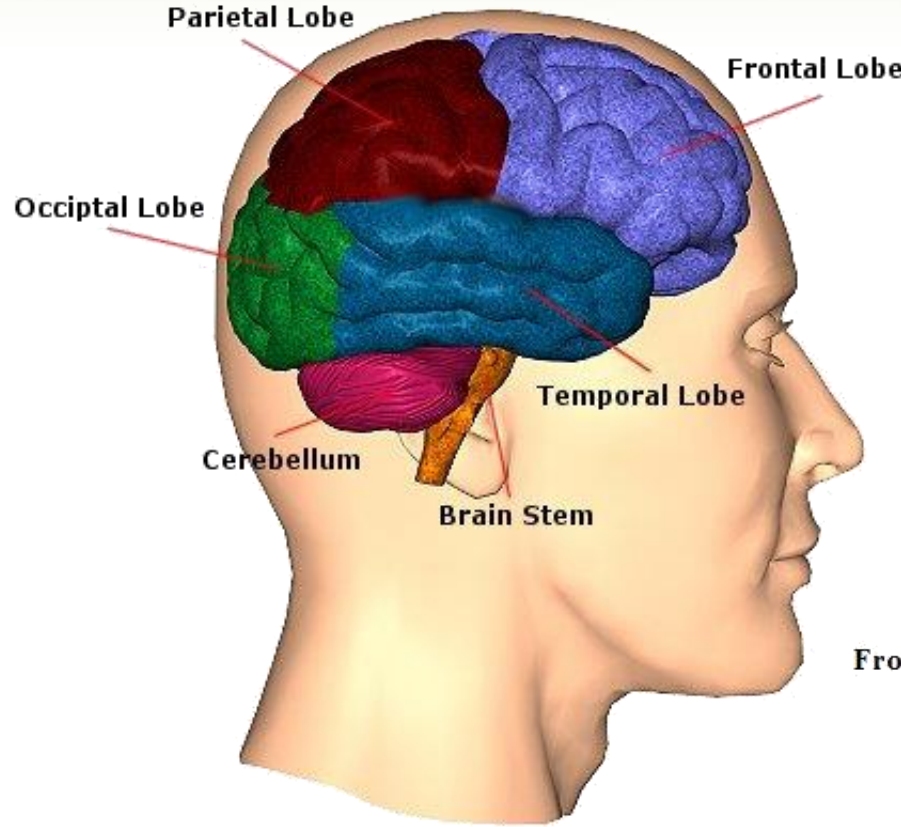
پیشانی (frontal)

مرکزی (central)

آهیانه‌ای (parietal)

پس سری (occipital)

گیج‌گاهی (temporal)





# الکتروانسفالوگرام (EEG)

ویژگی‌های سیگنالی:

دامنه‌ی الکتروانسفالوگرام سطح جمجمه از ۲ تا ۱۰۰ میکروولت است.  
محدوده‌ی فرکانسی آن از DC تا ۱۰۰ هرتز می‌باشد؛ (هرچند عمده‌ی توان در محدوده‌ی ۰/۵ تا ۶۰ هرتز توزیع شده است).  
چگالی طیف توان EEG به شدت به حالت فیزیکی و رفتاری وابسته است.

کاربردهای الکتروانسفالوگرافی:

تشخیص صرع (epilepsy)

اختلالات روانی

آسیب به سر

اختلالات خواب

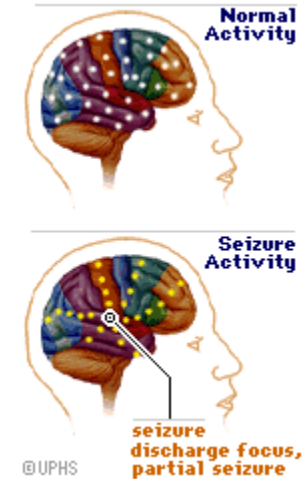
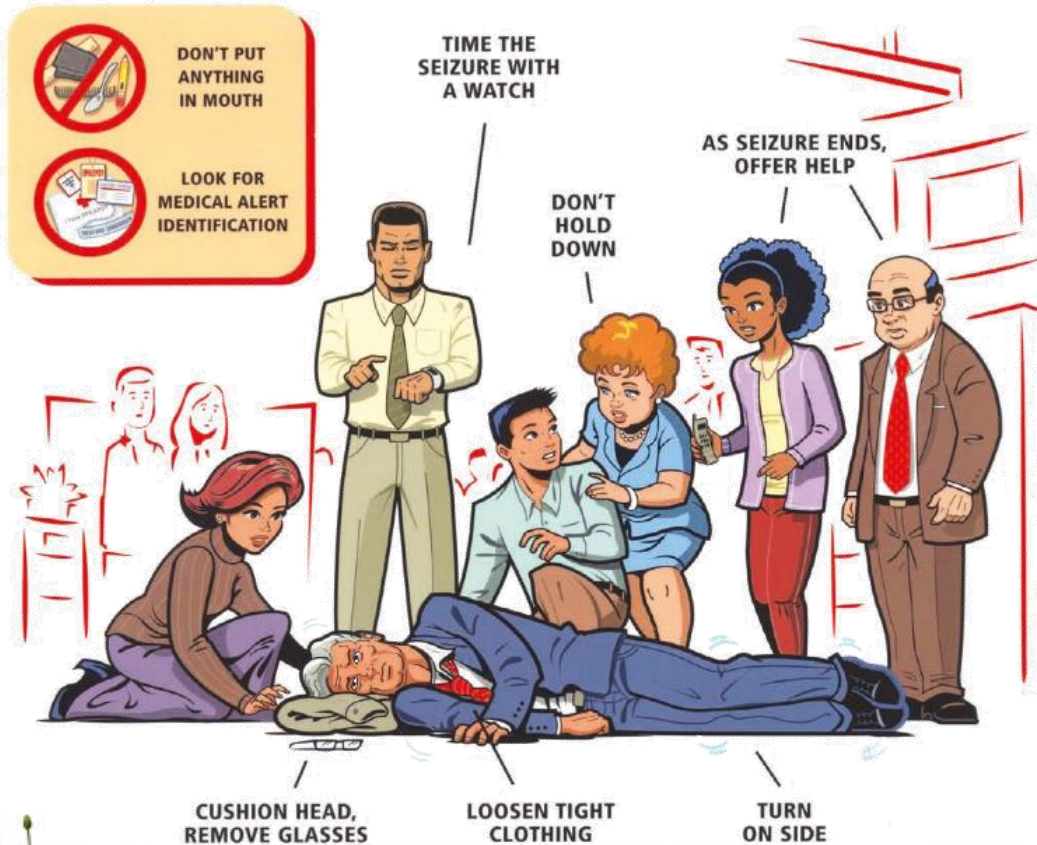
...



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

بیشتر بدانیم:

عامل صرع، تخلیه‌ی عصبی کنترل نشده در برخی محل‌های CNS است که در حملات (seizure)، موجب فعالیت غیرارادی برخی عضلات و جلوگیری از فعالیت برخی دیگر می‌گردد.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

حوزه‌های تحلیل الکتروانسفالوگرام:

تحلیل حوزه فرکانس

تحلیل حوزه‌ی زمان (تحلیل خواب)

تحلیل زمان-فرکانس

...

امواج سیگنال الکتروانسفالوگرام در تحلیل فرکانسی:

موج دلتا (delta): محدوده‌ی فرکانسی ۰/۵ تا ۴ هرتز

موج تتا (theta): محدوده‌ی فرکانسی ۴ تا ۸ هرتز

موج آلفا (alpha): محدوده‌ی فرکانسی ۸ تا ۱۳ هرتز

موج بتا (beta): محدوده‌ی فرکانسی ۱۳ تا ۲۲ هرتز



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

موج دلتا:

بخشی از طیف سیگنال در محدوده‌ی فرکانسی ۰/۵ تا ۴ هرتز که در کودکان خردسال، خواب عمیق و برخی بیماری‌های مغزی ظاهر می‌شود. در افراد بالغ هشیار، فعالیت دلتا غیرطبیعی است.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

موج تتا:

بخشی از طیف سیگنال در محدوده‌ی فرکانسی ۴ تا ۸ هرتز که در افراد بالغ طبیعی در حالت هشیاری دیده می‌شود. فعالیت تتا اغلب در نواحی مرکزی و گیج‌گاهی رخ می‌دهد و در کودکان بسیار متداول است.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

موج آلفا:

بخشی از طیف سیگنال در محدوده‌ی فرکانسی ۸ تا ۱۳ هرتز که در افراد طبیعی در بیداری با چشمان بسته و بدون فعالیت ذهنی متداول است. منشاء آن ناحیه‌ی پس‌سری می‌باشد.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

موج بتا:

بخشی از طیف سیگنال در محدوده‌ی فرکانسی ۱۳ تا ۲۲ هرتز. موج بتا را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود: بتا ۱ (beta I) با محدوده‌ی فرکانسی بالاتر و بتا ۲ (beta II) با محدوده‌ی فرکانسی پایین‌تر. بتا ۲ در فعالیت شدید مغزی بروز می‌کند. داروهای مسکن و خواب‌آور موجب افزایش دامنه‌ی موج بتا تا ۱۰۰ میکروولت می‌گردد.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

نمونه‌ای از موج آلفا:

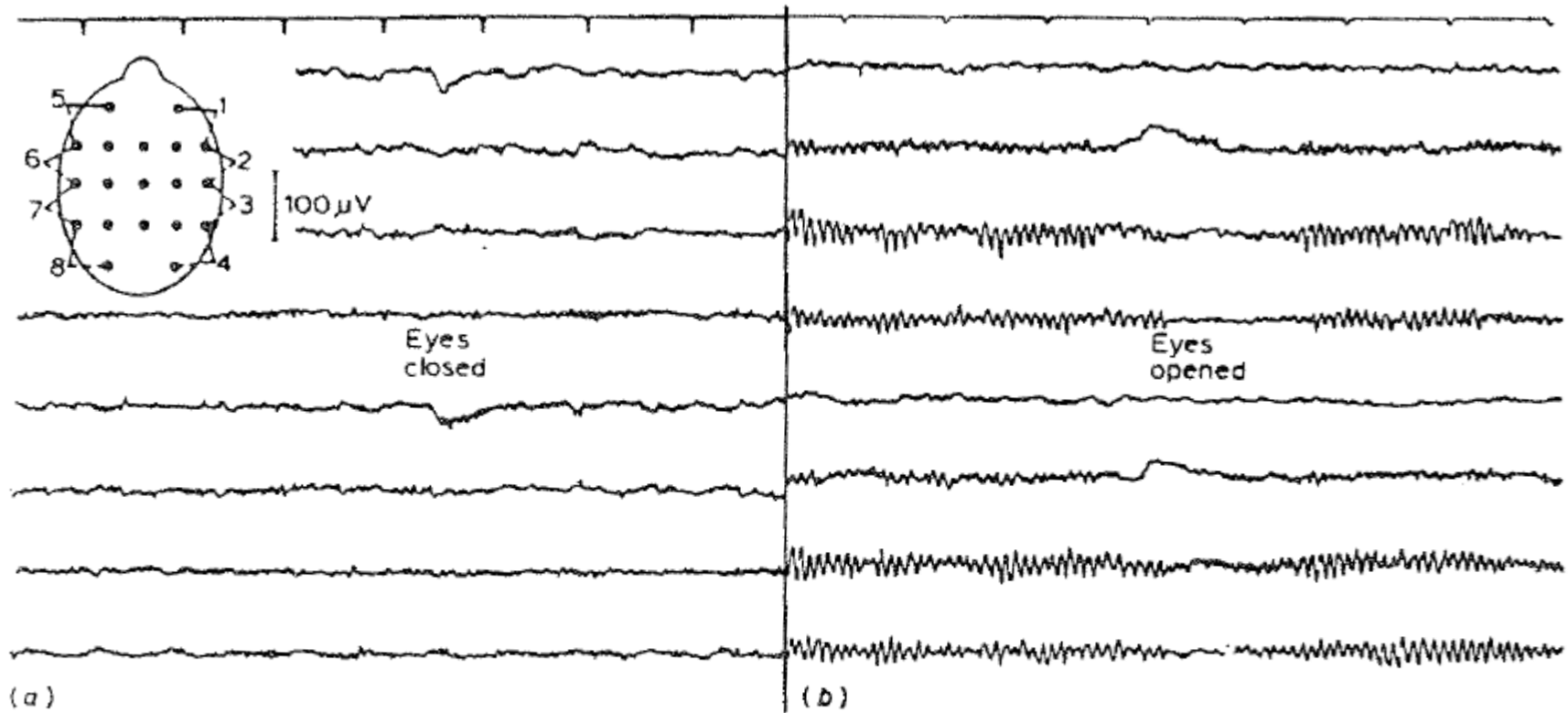


FIGURE 2. EEG recordings. (a) Subject with complete absence of alpha waves; (b) subject with alpha waves, diminished for only about 1 sec following eye opening. (From Kiloh, L. G., McComas, A. J., Osselson, J. W., and Upton, A. R. M., *Clinical Electroencephalography*, 4th ed., Butterworths, London, 1981. With permission.)



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

مراحل خواب در تحلیل حوزه‌ی زمان خواب:

مرحله‌ی خواب آلودگی (drowsiness)

مرحله‌ی ۱ خواب (خواب سبک)

مرحله‌ی ۲ خواب

مرحله‌ی ۳ خواب (خواب میانه)

مرحله‌ی ۴ خواب (خواب عمیق)

مرحله REM (Rapid Eye Movement)



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

مرحله خواب آلودگی:

موج آلفا به طور گسترده بروز می کند.

مرحله ۱ خواب (خواب سبک):

دامنه‌ی کم با فرکانس‌های مخلوط و بروز امواج تیز (sharp waves) که در پاسخ به تحریک بوده و V-waves نامیده می شوند. در این مرحله، امواج تتا غالب است.

مرحله ۲ خواب:

افزایش فعالیت کند و ظاهر شدن دوک‌های خواب (sleep spindles). دوک‌های خواب انفجارهایی (burst) با ۳ تا ۵ دوره‌ی شبیه موج آلفا با دامنه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ میکروولت است.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

مرحله ۳ خواب:

افزایش موج نامنظم دلتا و بروز K-complex ها.

k-complex ها بی درنگ با تحریک صوتی برانگیخته می شوند و شامل یک یا دو موج

کند با دامنه‌ی زیاد (۱۰۰ تا ۲۰۰ میکروولت) است. گاهی با دوره‌ی کوتاه موج ۱۲ تا ۱۴

هرتز همراه است.

مرحله ۴ خواب (خواب عمیق):

مشابه مرحله ۳.

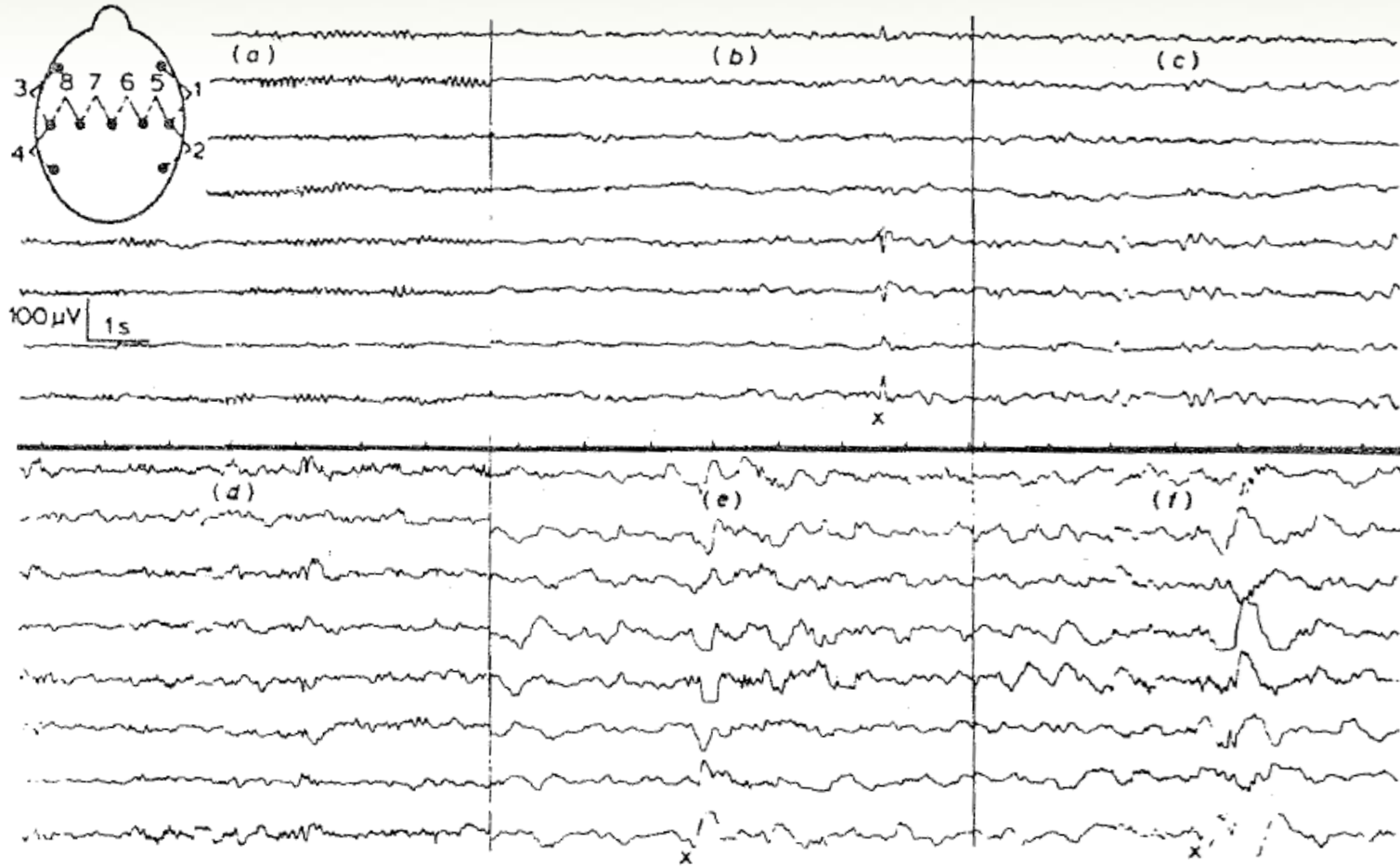
مرحله REM:

الکتروانسفالوگرام شبیه مرحله ۱ و اوایل مرحله ۲ است.

این مرحله paradoxical sleep state هم نامیده می شود.



# الکتروانسفالوگرام (EEG)



مراحل خواب و  
خواب آلودگی:

FIGURE 3. EEG recordings, stages of drowsiness and sleep. (a) Early drowsiness, widespread alpha rhythm; (b) light sleep (stage 1), note vertex sharp waves in response to sound stimulus at X; (c) light sleep, theta dominant stage; (d) stage 2, emerging of sleep spindles; (e) and (f) stages 3 and 4. Increasing irregular delta activity, K-complex responses to sound stimuli at X. (From Kilo, L. G., McComas, A. J., Osselson, J. W., and Upton, A. R. M., *Clinical Electroencephalography*, 4th ed., Butterworths, London, 1981. With permission.)

# الکتروانسفالوگرام (EEG)

مراحل هشیاری و خواب:

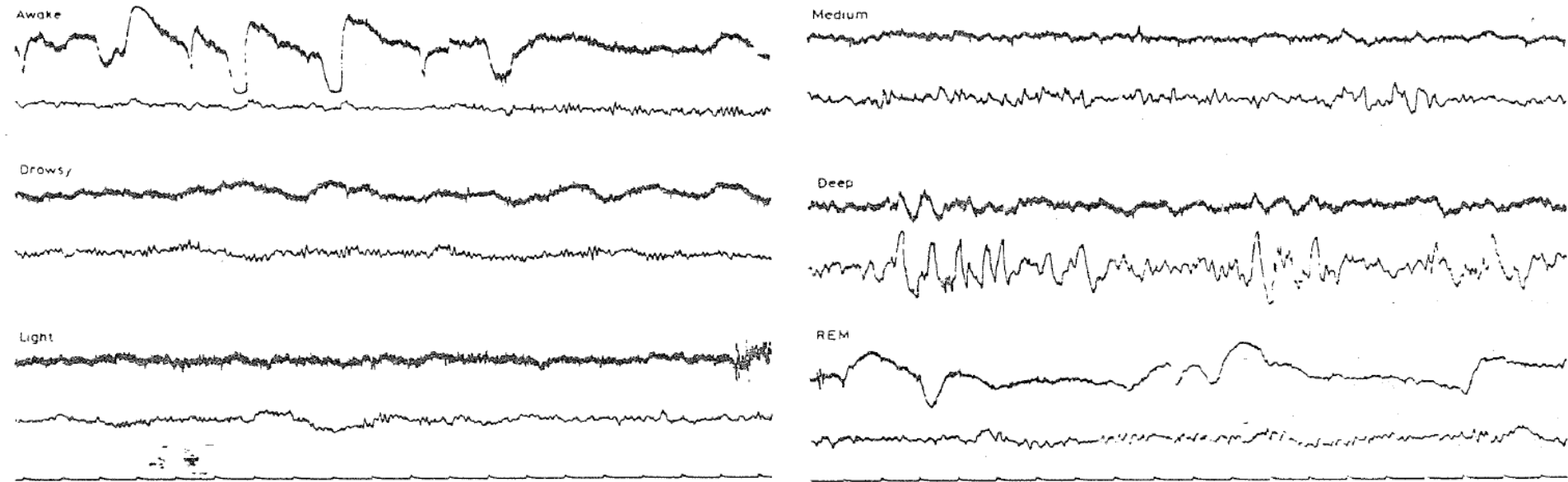


FIGURE 4. Stages of wakefulness and sleep. Upper channel of each pair, eye movements plus submental EMG; Lower channel, EEG. (From Kiloh, L. G., McComas, A. J., Osselton, J. W., and Upton, A. R. M., *Clinical Electroencephalography*, 4th ed., Butterworths, London, 1981. With permission.)



# الکتروانسفالوگرام (EEG)

سیگنال EEG معمولاً به صورت چندکاناله و برای دوره‌ی زمانی نسبتاً طولانی ثبت می‌گردد از این رو حجم بالایی دارد.

## شگردهای پردازشی سیگنال:

- فشرده‌سازی داده
- تحلیل خودکار داده
- روش‌های تحلیل سری زمانی
- مدلسازی سیگنال با مدل AR
- روش‌های بخش‌بندی خودکار (Automatic segmentation) برای تعیین خودکار مراحل خواب، عمق خواب و پایش بیهوشی (anesthesia monitoring)
- روش‌های تشخیص موجک (wavelet detection) برای آشکارسازی K-complex ها و دوک‌های خواب (sleep spindles) در EEG مداوم (ongoing)



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونوگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواکولوگرام ✓
- الکتروانسفالوگرام ✓
- پتانسیل برانگیخته ←
- الکترومایوگرام
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○



# پتانسیل برانگیخته (EP)

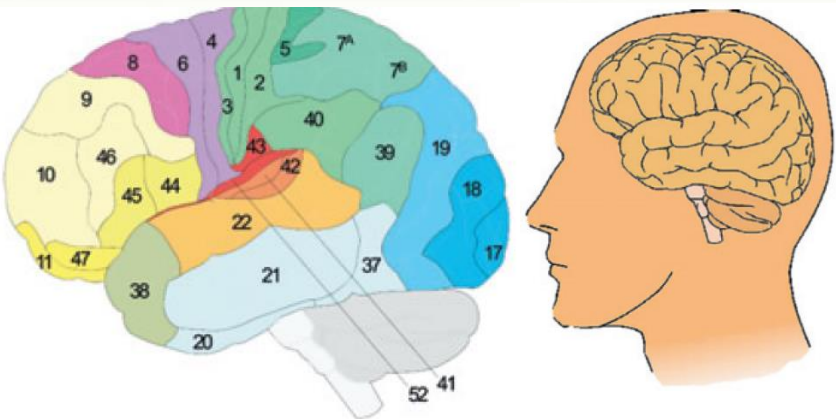
توصیف پتانسیل برانگیخته (Evoked potential) یا پاسخ برانگیخته (Evoked response):  
فعالیت الکتریکی مغز که در اثر یک تحریک حسی برانگیخته می‌شود.

روش اندازه‌گیری:

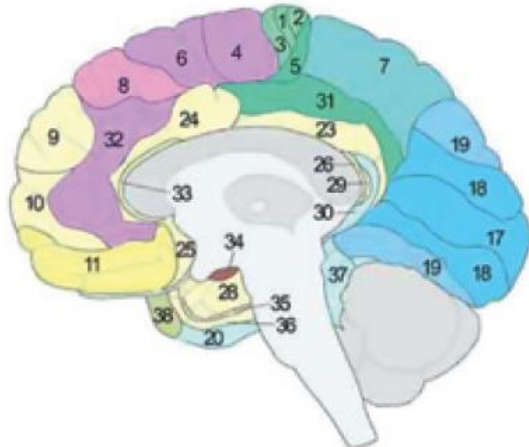
ثابت از نواحی متناظر با تحریک در بخش حسی قشر مغز.













Left lateral view



Medial view

-  Vision
-  Hearing and Wernike's area (speech input)
-  Body senses and multisensory
-  Motor control
-  Executive and Broca's area (speech output)
-  Olfaction

B.J. Baars and N.M. Gage, *Fundamentals of Cognitive Neuroscience, A beginner's guide*, Tacademic Press, 2013.



# پتانسیل برانگیخته (EP)

با تحریک حسی، سیگنال EEG شامل دو نوع تغییرات پتانسیل است:

- پاسخ اختصاصی (specific response)
- پاسخ غیراختصاصی (nonspecific response)

## پاسخ غیراختصاصی

پاسخ غیراختصاصی یک حالت گذرای ولتاژ پایین است که در ناحیه فرق سر بیشترین مقدار را دارد. این پاسخ برای تحریک‌های متفاوت یکسان است. با تکرار یک تحریک خاص، کمتر نمود می‌یابد. به عنوان نمونه می‌توان به V- wave و K-complex (بخش قبل) اشاره نمود.

## پاسخ اختصاصی

پاسخ اختصاصی با تاخیری نسبت به زمان اعمال تحریک، آغاز می‌گردد و در بخشی از قشر مغز که متناظر با نوع تحریک است دارای بیشترین دامنه است.



# پتانسیل برانگیخته (EP)

ویژگی های سیگنالی:

دامنه ی پتانسیل برانگیخته از  $0/1$  تا  $10$  میکروولت است.



# پتانسیل برانگیخته (EP)

شگردهای پردازشی سیگنال:

- روش میانگین‌گیری همزمان (synchronized averaging) برای آشکارسازی میانگین پتانسیل برانگیخته (averaged evoked potential). قابل تامل است که سیگنال EEG ای که پتانسیل برانگیخته در آن ملحوظ است می‌تواند دامنه ده برابری داشته باشد.

با توجه به نوع سیگنال، اغلب موارد ذکر شده برای سیگنال EEG برای EP نیز موضوعیت دارد.

- فشرده‌سازی داده
- تحلیل خودکار داده
- روش‌های تحلیل سری زمانی
- مدلسازی سیگنال با مدل AR
- روش‌های بخش‌بندی خودکار (Automatic segmentation)
- روش‌های تشخیص موجک (wavelet detection)
- روش مولفه‌های اساسی (principle components)
- روش تجزیه مقادیر تکین (singular value decomposition)



# پتانسیل برانگیخته (EP)

انواع پتانسیل برانگیخته:

- پتانسیل برانگیخته بینایی (Visual Evoked Potential)
- پتانسیل برانگیخته حس تنی (Somatosensory Evoked Potential)
- پتانسیل برانگیخته شنوایی (Auditory Evoked Potential)
- پتانسیل برانگیخته شده توسط درد (potential evoked by pain) نظیر گرمای شدید حاصل از اشعه لیزر IR
- پتانسیل برانگیخته بویایی (olfactory evoked potential)
- Vestibular potential

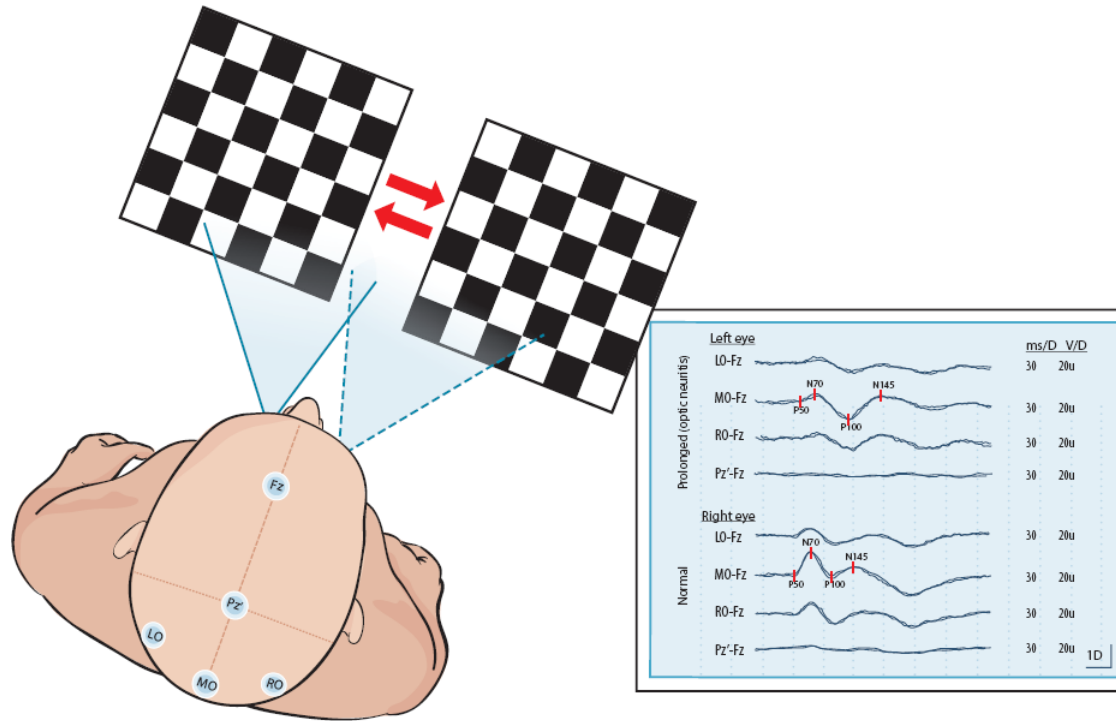
در اینجا به توصیف دقیق تر سه مورد  
نخست که سه دسته اصلی پتانسیل های  
برانگیخته هستند می پردازیم.



# پتانسیل برانگیخته بینایی (VEP)

توصیف پتانسیل برانگیخته بینایی (Visual Evoked potential):

فعالیت الکتریکی مغز که در اثر یک تحریک بینایی (نظیر فلاش نوری یا نمایش الگوی دیداری) برانگیخته می‌شود و از سطح جمجمه در ناحیه پس سری ثبت می‌گردد.



T. Sand, M.B. Kvaloy, T. Wader and H. Hovdal, *Evoked potential tests in clinical diagnosis*, Tidsskrift for den Norske laegeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny raeke, Vol. 133, No. 9, pp. 960-965, 2013.

# پتانسیل برانگیخته بینایی (VEP)

ویژگی‌های سیگنالی:

دامنه: در محدوده‌ی یک تا ۲۰ میکرو ولت،

محدوده‌ی فرکانسی: یک تا ۳۰۰ هرتز،

دوره‌ی زمانی: ۲۰۰ میلی ثانیه

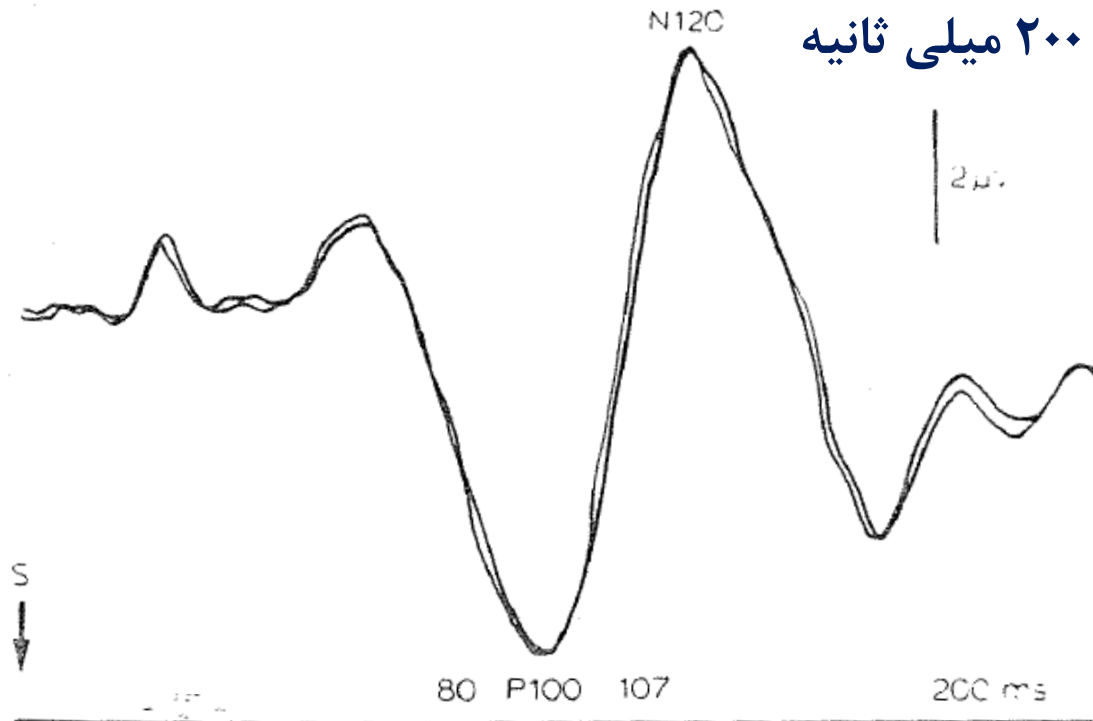


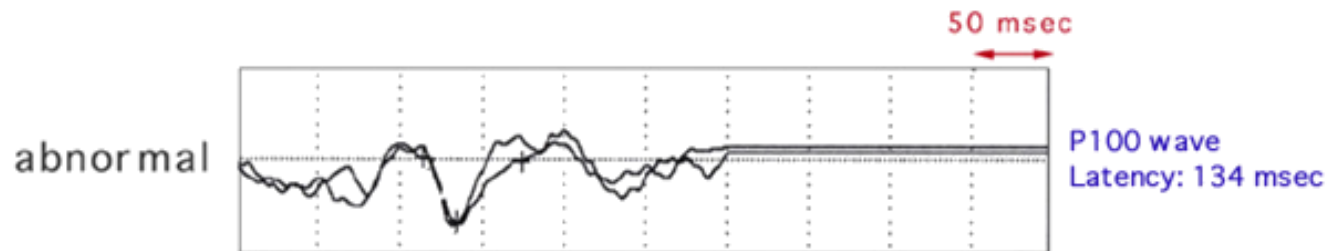
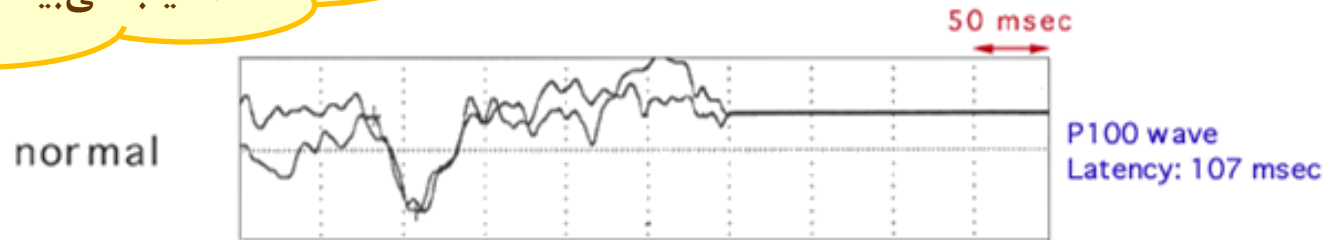
FIGURE 6. Averaged visual responses; bandwidth: 2 to 300 Hz; average of 64 responses. (From Kiloh, L. G., McComas, A. J., Osselton, J. W., and Upton, A. R. M., *Clinical Electroencephalography*, 4th ed., Butterworths, London, 1981. With permission.)

# پتانسیل برانگیخته بینایی (VEP)

کاربردهای بالینی :

- تشخیص بیماری MS (Multiple Sclerosis)
- بررسی کوررنگی
- ارزیابی نقص میدان دید
- بررسی تیزحسی بینایی (Visual acuity)

اعصاب بینایی در بیماری MS آسیب می‌بینند.



[http://library.med.utah.edu/kw/ms/mml/ms\\_vep.jpg](http://library.med.utah.edu/kw/ms/mml/ms_vep.jpg)



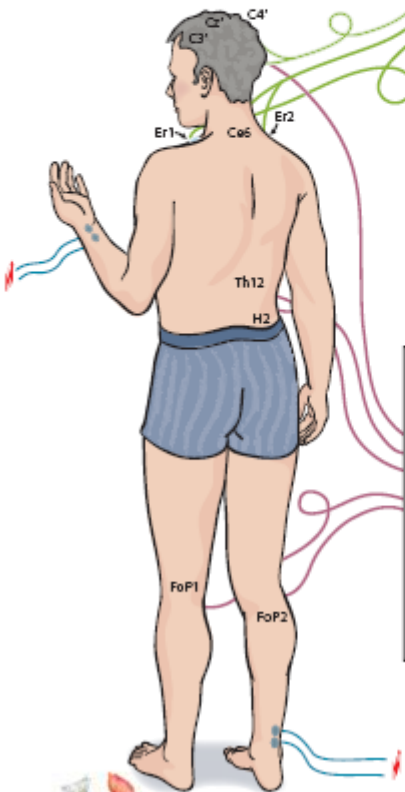
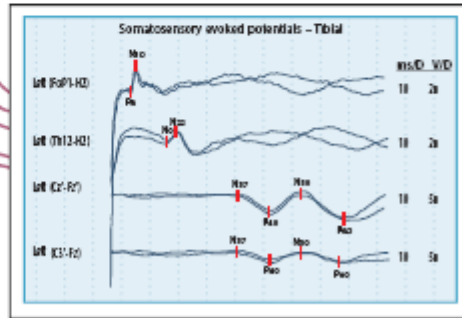
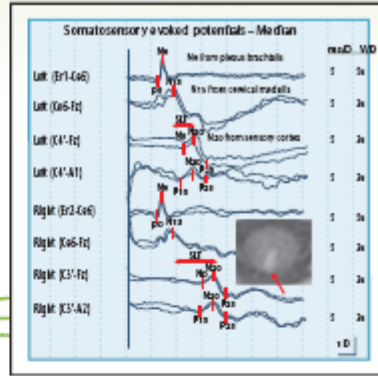
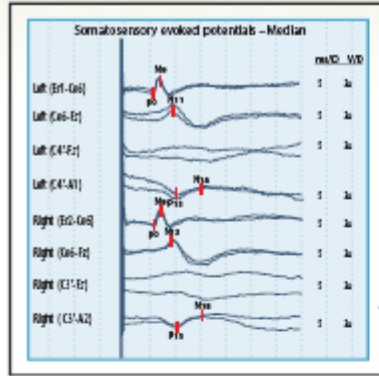


# پتانسیل برانگیخته حس تنی (SEP)

توصیف پتانسیل برانگیخته حس تنی

(somatosensory Evoked potential)

فعالیت الکتریکی مغز که در اثر تحریک حس تنی (الکتریکی یا مکانیکی) برانگیخته می شود و توسط الکترودهای سطحی از قشر حسی مغز ثبت می گردد.



T. Sand, M.B. Kvaloy, T. Wader and H. Hovdal, *Evoked potential tests in clinical diagnosis*, Tidsskrift for den Norske laegeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke, Vol. 133, No. 9, pp. 960-965, 2013.

# پتانسیل برانگیخته حس تنی (SEP)

ویژگی‌های سیگنالی :

محدوده‌ی فرکانسی: ۲ تا ۳۰۰۰ هرتز،

دوره‌ی زمانی: ۲۵ تا ۵۰ میلی ثانیه

(برای cortical SEP، دوره زمانی طولانی‌تر و حدود ۲۰۰ میلی ثانیه است.)

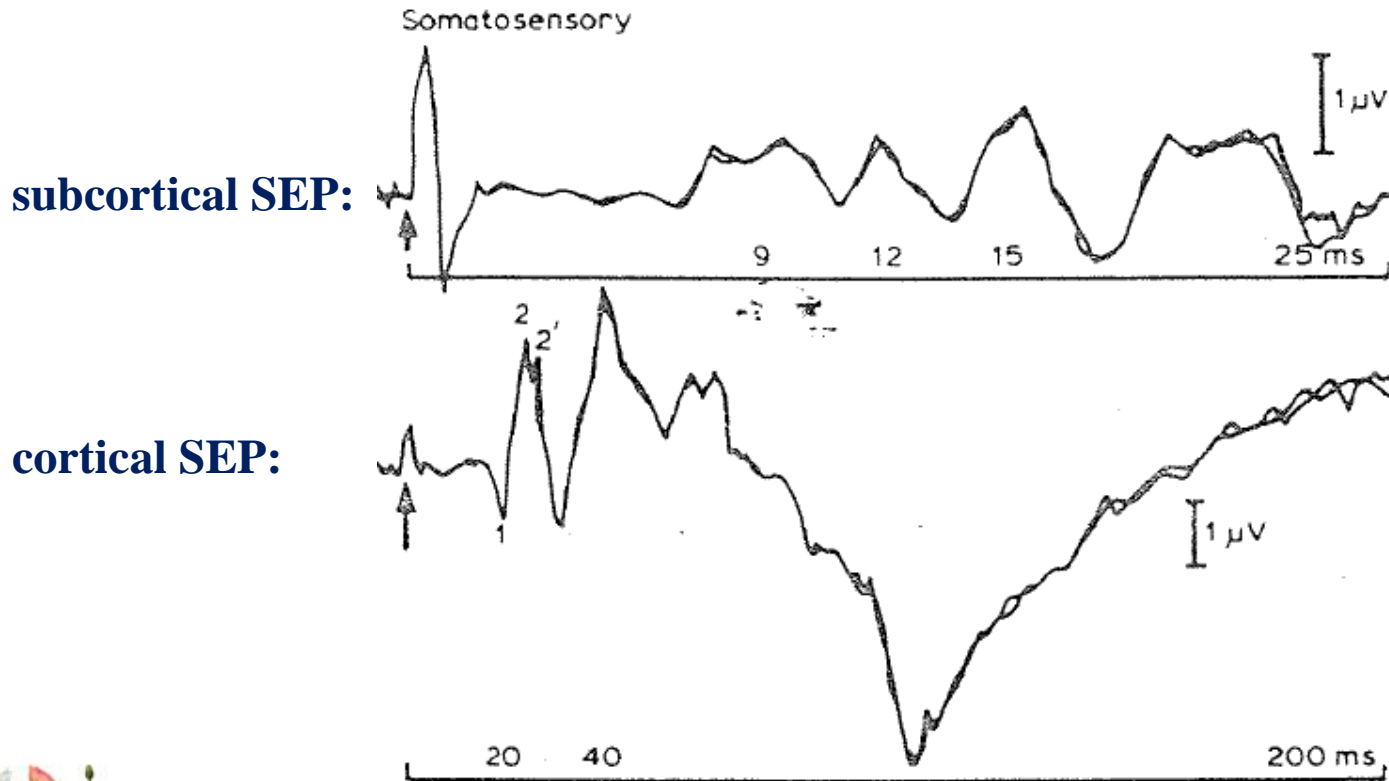


FIGURE 7A.

# پتانسیل برانگیخته حس تنی (SEP)

کاربردهای بالینی :

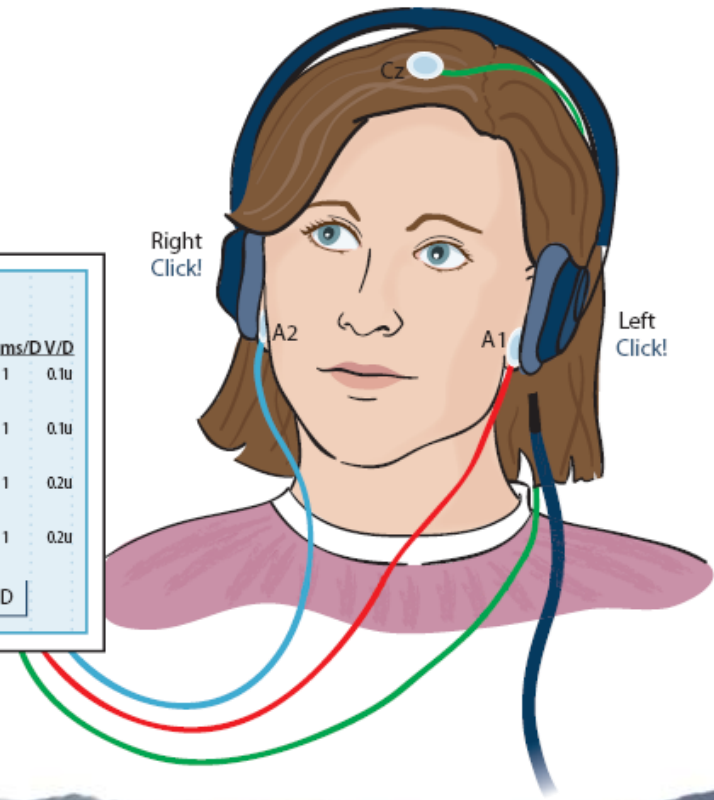
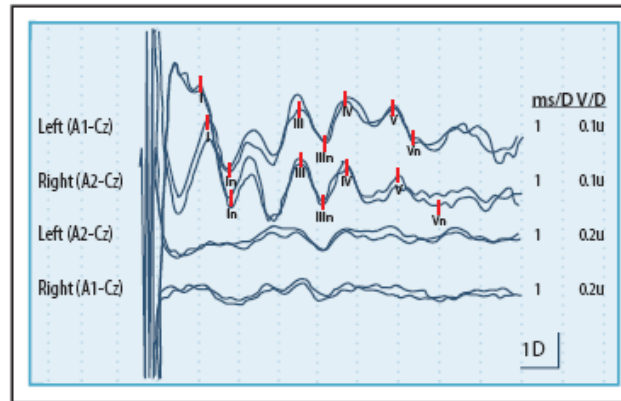
- فراهم کردن اطلاعاتی در رابطه با مسیر ستون خلفی (dorsal column pathway) بین تارهای عصبی محیطی و قشر مغز



# پتانسیل برانگیخته شنوایی (AEP)

توصیف پتانسیل برانگیخته شنوایی (Auditory Evoked potential):

فعالیت الکتریکی مغز که در اثر تحریک شنوایی (کلیک، tone burst یا نویز سفید) برانگیخته می‌شود و از فرق سر ثبت می‌گردد.



T. Sand, M.B. Kvaloy, T. Wader and H. Hovdal, **Evoked potential tests in clinical diagnosis**, Tidsskrift for den Norske laegeforening: tidsskrift for praktisk medicin, ny raekke, Vol. 133, No. 9, pp. 960-965, 2013.

# پتانسیل برانگیخته شنوایی (AEP)

ویژگی‌های سیگنالی:

محدوده‌ی فرکانسی: ۱۰۰ تا ۳۰۰۰ هرتز،

AEP را می‌توان به بخش‌های زیر تقسیم نمود که ۱۰ میلی‌ثانیه نخست مربوط به فعالیت ساقه مغز است:

- First potential (1 msec latency),
- Early potential (eighth nerve and brainstem, 8 msec),
- Middle potential (8-50 msec),
- Late potential (50-500 msec)

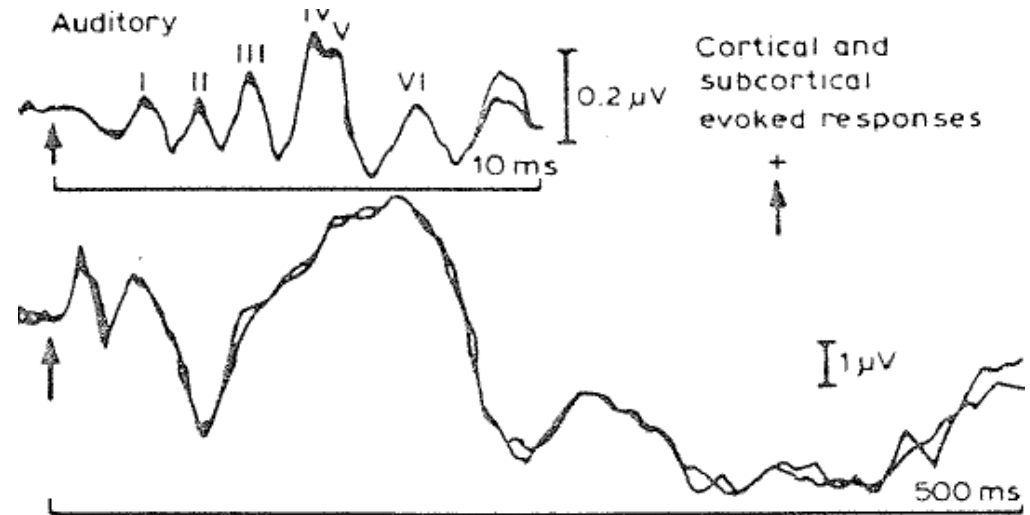


FIGURE 7A. Subcortical auditory (10 msec) evoked responses compared with equivalent cortical evoked responses (200 to 500 msec); subcortical: bandwidth 150 to 1500 Hz, 2000 averages; cortical: bandwidth 2 to 75 Hz, 64 averages. (From Kiloh, L. G., McComas, A. J., Osselson, J. W., and

# پتانسیل برانگیخته شنوایی (AEP)

کاربردهای بالینی :

- بررسی نقص شنوایی به ویژه در کودکان



# دیگر پتانسیل‌های برانگیخته

پتانسیل برانگیخته با تحریک درد :

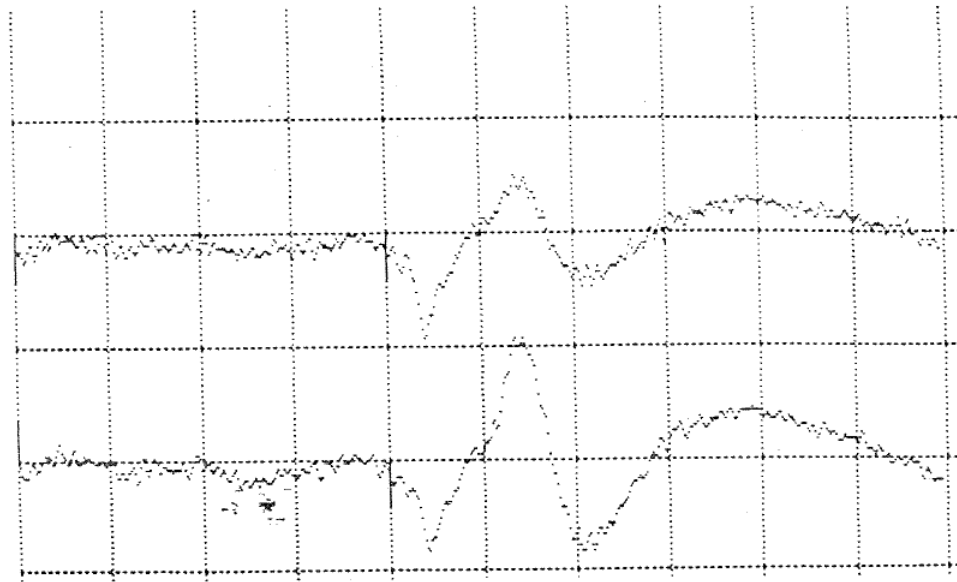


FIGURE 7B. Potential evoked from pain stimuli (intense laser beam pulse).



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونوگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواکولوگرام ✓
- الکتروانسفالوگرام ✓
- پتانسیل برانگیخته ✓
- الکترومایوگرام ←
- الکتروکاردیوگرام
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس

سیگنال‌های صوتی

سیگنال‌های مکانیکی

سیگنال‌های بیومغناطیسی

سیگنال‌های بیوشیمیایی

سیگنال‌های دوبعدی





# الکترومایوگرام (EMG)

توصیف الکترومایوگرام (Electromyogram):

ثبتی از پتانسیل الکتریکی تولید شده توسط عضله.

این ثبت می‌تواند توسط الکترودهای سطحی از سطح پوست انجام گردد؛ یا توسط الکترودهای سوزنی هم‌مرکز (concentric needle electrode) از درون عضله ثبت شود یا توسط ریزالکترودها (microelectrode) از درون تار عضلانی ثبت گردد.

انواع الکترومایوگرام:

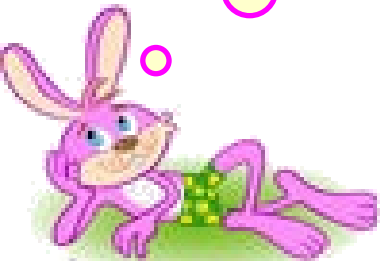
- الکترومایوگرافی سطحی (SEMG)
- پتانسیل عمل واحد حرکتی (MUAP)
- الکترومایوگرافی تک تار (SFEMG)

سرنام‌ها:

SEMG: Surface ElectroMyoGraphy

MUAP: Motor Unit Action Potential

SFEMG: Single Fiber ElectroMyoGraphy



# الکترومایوگرافی تک تار (SFEMG)

توصیف الکترومایوگرافی تک تار (Single Fiber Electromyography):

ثبت پتانسیل‌های عمل از یک تار عضلانی با استفاده از میکروالکترودی که درون تار عضلانی قرار می‌گیرد.



# الکترومایوگرافی تک تار (SFEMG)

ویژگی های سیگنالی :

دامنه: چند میلی ولت،

محدوده ی فرکانسی: ۵۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز،

دوره زمانی: حدود یک میلی ثانیه

توجه: اگرچه SFEMG دارای مولفه های فرکانس پایین نیز می باشد ولی برای کاهش تاثیر نامطلوب سیگنال تارهای عضلانی دورتر، بهتر است محدوده ی فرکانس پایین حذف گردد.

چرا سیگنال تارهای عضلانی دیگر در ثبت SFEMG دارای بیشترین انرژی در محدوده ی فرکانس پایین است؟

پاسخ: به دلیل عبور سیگنال از هادی های حجمی



# الکترومایوگرافی تک تار (SFEMG)

کاربردهای بالینی :

- تشخیص اختلالات عصبی-عضلانی نظیر ضعف خفیر عضلانی (myasthenia gravis)



A drooping eyelid, is the most frequent early sign of myasthenia gravis, a disease that produces extensive muscle weakness.



<https://medicine.yale.edu/neurology/patients/neuromuscular/index.aspx#page1>



# الکترومایوگرافی تک تار (SFEMG)

شگردهای پردازشی (مشابه شگردهای پردازش MUAP) :

- میانگین گیری همزمان (synchronized averaging)
- تشخیص موجک (wavelet detection)
- تجزیه (decomposition)
- طبقه بندی (classification)
- روش های کاهش بعد (dimension reduction)

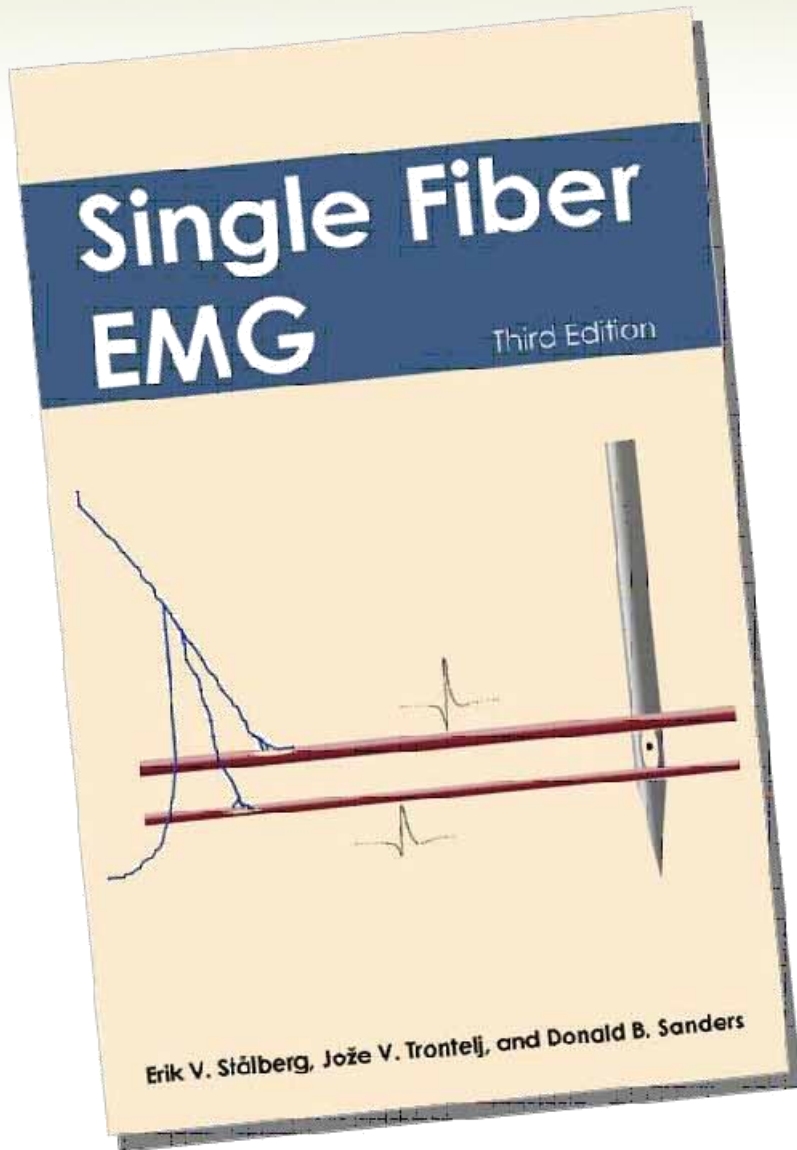


# SFEMG in Frontalis: Voluntary Activation

<http://www.sfemg.info/Images/BookCover.jpg>



معرفی کتاب :



این کتاب دارای سایتی به آدرس [www.sfemg.info](http://www.sfemg.info) شامل فیلم‌ها و دیگر اطلاعات مفید است.

<http://www.sfemg.info/Images/BookCover.jpg>

# پتانسیل عمل واحد حرکتی (MUAP)

توصیف پتانسیل عمل واحد حرکتی (Motor Unit Action Potential):

ثبت پتانسیل‌های عمل از یک واحد حرکتی توسط الکتروود سوزنی هم‌محور (concentric).

یادآوری: واحد حرکتی به مجموعه‌ای شامل یک سلول عصبی، اتصالات عصبی عضلانی و تمامی تارهای عضلانی‌ای که توسط آن سلول عصبی عصب‌دهی می‌شوند اطلاق می‌گردد.





# پتانسیل عمل واحد حرکتی (MUAP)

ویژگی‌های سیگنالی :

دامنه: ۱۰۰ میکروولت تا ۲ میلی‌ولت،

محدوده‌ی فرکانسی: ۵ هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز،

دوره زمانی: ۲ تا ۱۰ میلی‌ثانیه

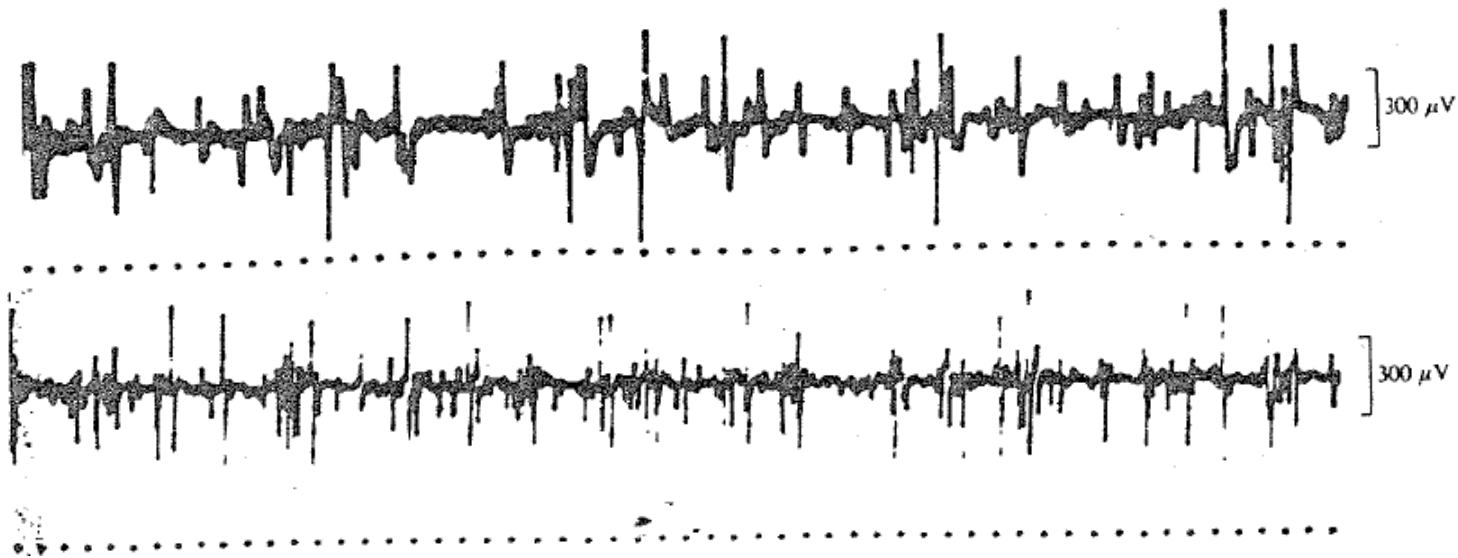


FIGURE 8. Normal motor unit potentials (MUP) recorded from (a) the first dorsal interosseus muscle and (b) the frontalis muscle. (From Lenman, J. A. R. and Ritchie, A. E., *Clinical Electromyography*. Pitman Medical and Scientific, London, 1970. With permission.)



# پتانسیل عمل واحد حرکتی (MUAP)

کاربردهای بالینی :

- تشخیص بیماری عضلانی (myopathy).
- تشخیص آسیب‌های عصب‌زا (neurogenic lesions).
- و دیگر اختلالات عصبی عضلانی



# پتانسیل عمل واحد حرکتی (MUAP)

شگردهای پردازشی (مشابه شگردهای پردازش SFEMG) :

- میانگین‌گیری همزمان (synchronized averaging)
- تشخیص موجک (wavelet detection)
- تجزیه (decomposition)
- طبقه‌بندی (classification)
- روش‌های کاهش بعد (dimension reduction)



# الکترومایوگرام سطحی (SEMG)

توصیف الکترومایوگرام سطحی (Surface Electromyography):

دریافت غیرتهاجمی سیگنال الکتریکی فعالیت عضله با استفاده از الکترودهای سطحی که اطلاعات زمختی از فعالیت کل عضله فراهم می‌سازد.



# الکترومایوگرام سطحی (SEMG)

ویژگی‌های سیگنالی :

دامنه: ۵۰ میکروولت تا ۵ میلی‌ولت (بسته به نوع الکتروود و عضله)،

محدوده‌ی فرکانسی: ۲ تا ۵۰۰ هرتز برای عضلات اسکلتی و ۰/۰۱ تا ۱ هرتز برای عضلات صاف

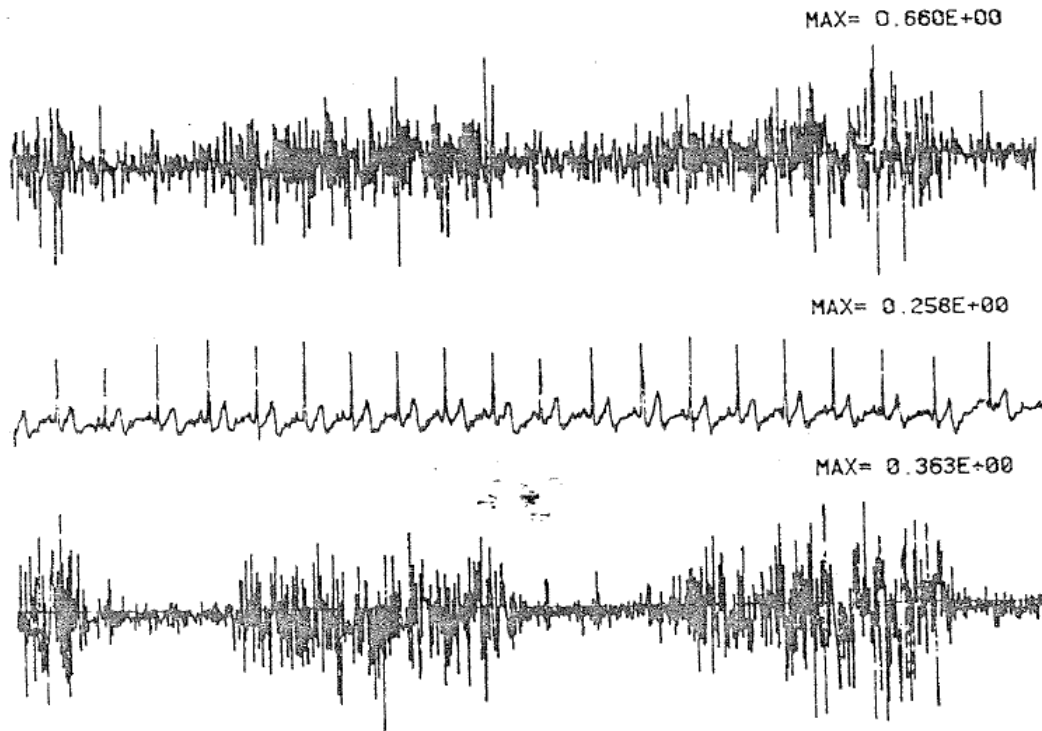


FIGURE 9. EMG and ECG during breathing. Upper trace: EMG from the diaphragmatic muscle; middle: ECG; lower: EMG from the intercostal muscle.



# الکترومایوگرام سطحی (SEMG)

کاربردهای بالینی :

- بررسی لرزش‌های بیماری‌زاد (pathological tremors)،
- تحلیل خستگی عضلانی (fatigue analysis)،
- کنترل اندام‌های مصنوعی (control of prosthetics).



# الکترومایوگرام سطحی (SEMG)

شگردهای پردازشی :

- تخمین چگالی طیف
- تحلیل سری زمانی
- طبقه‌بندی خودکار با استفاده از توابع تمایز خطی (linear discriminant functions)



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونوگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواکولوگرام ✓
- الکتروانسفالوگرام ✓
- پتانسیل برانگیخته ✓
- الکترومایوگرام ✓
- الکتروکاردیوگرام ←
- الکتروگاستروگرام
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

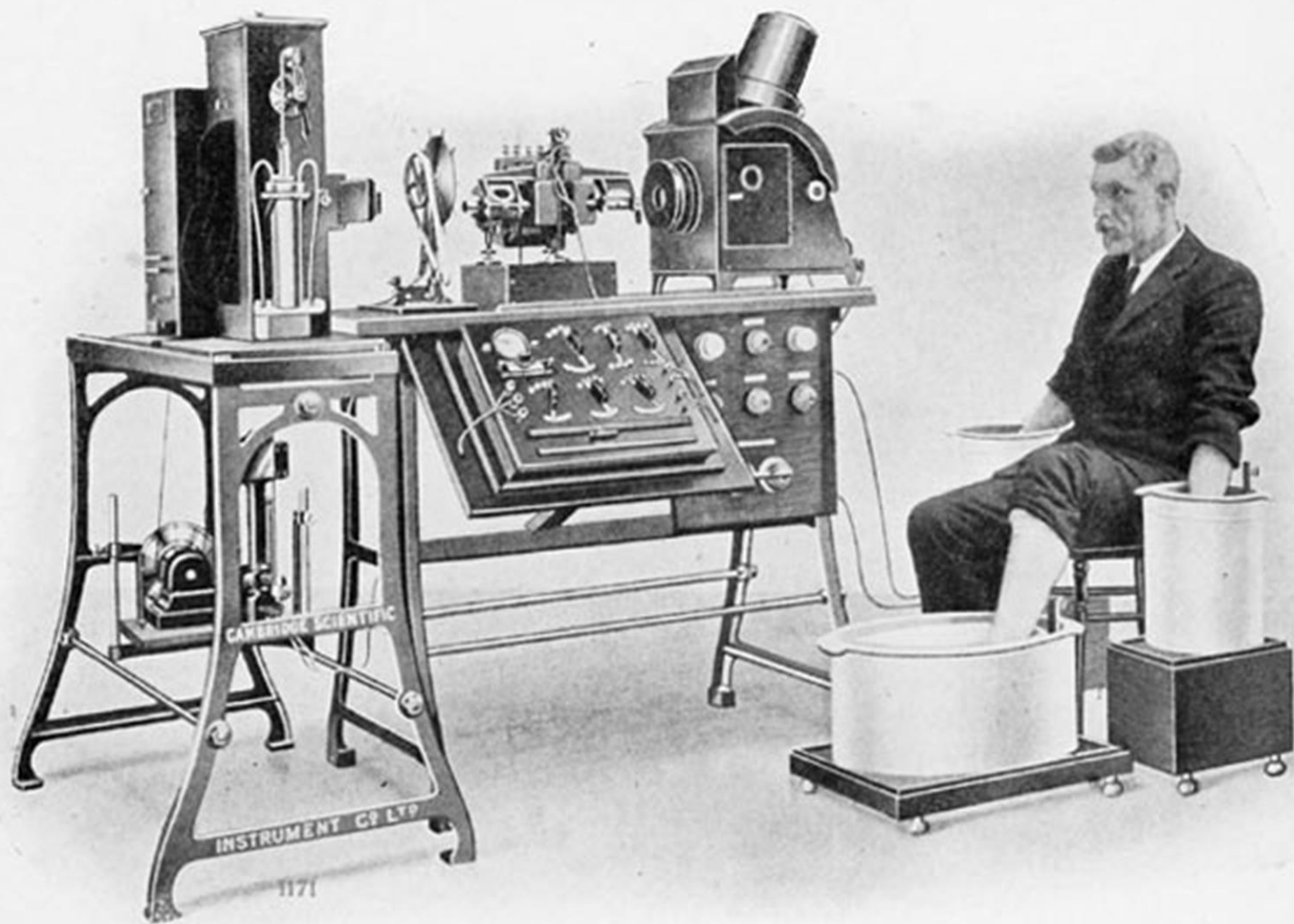
سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○





PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSSED IN JARS OF SALT SOLUTION

# الکتروکاردیوگرام (ECG)

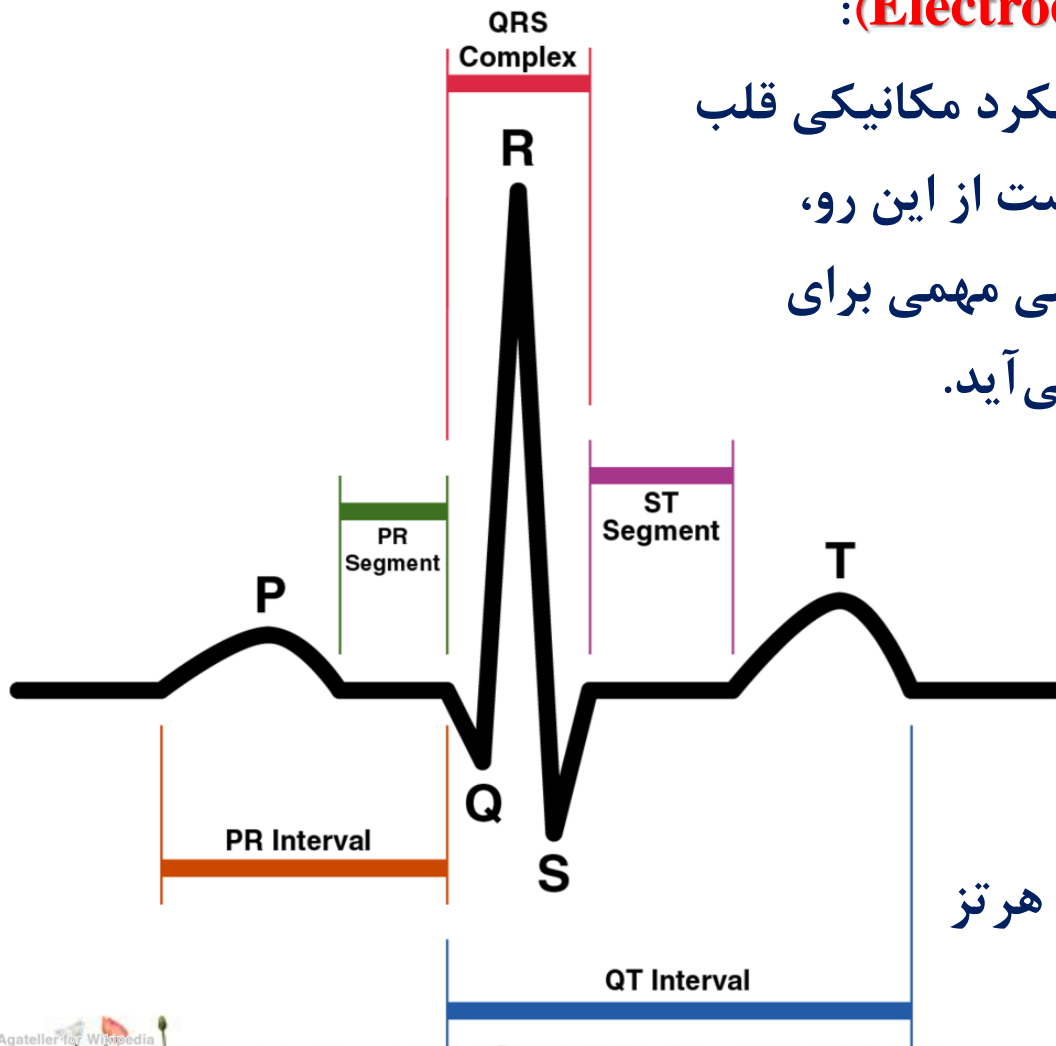
توصیف الکتروکاردیوگرام (Electrocardiogram):

ثبت فعالیت الکتریکی قلب. عملکرد مکانیکی قلب مرتبط با فعالیت الکتریکی آن است از این رو، الکتروکاردیوگرافی ابزار تشخیصی مهمی برای ارزیابی عملکرد قلب به حساب می آید.

ویژگی های سیگنالی:

دامنه: چند میلی ولت

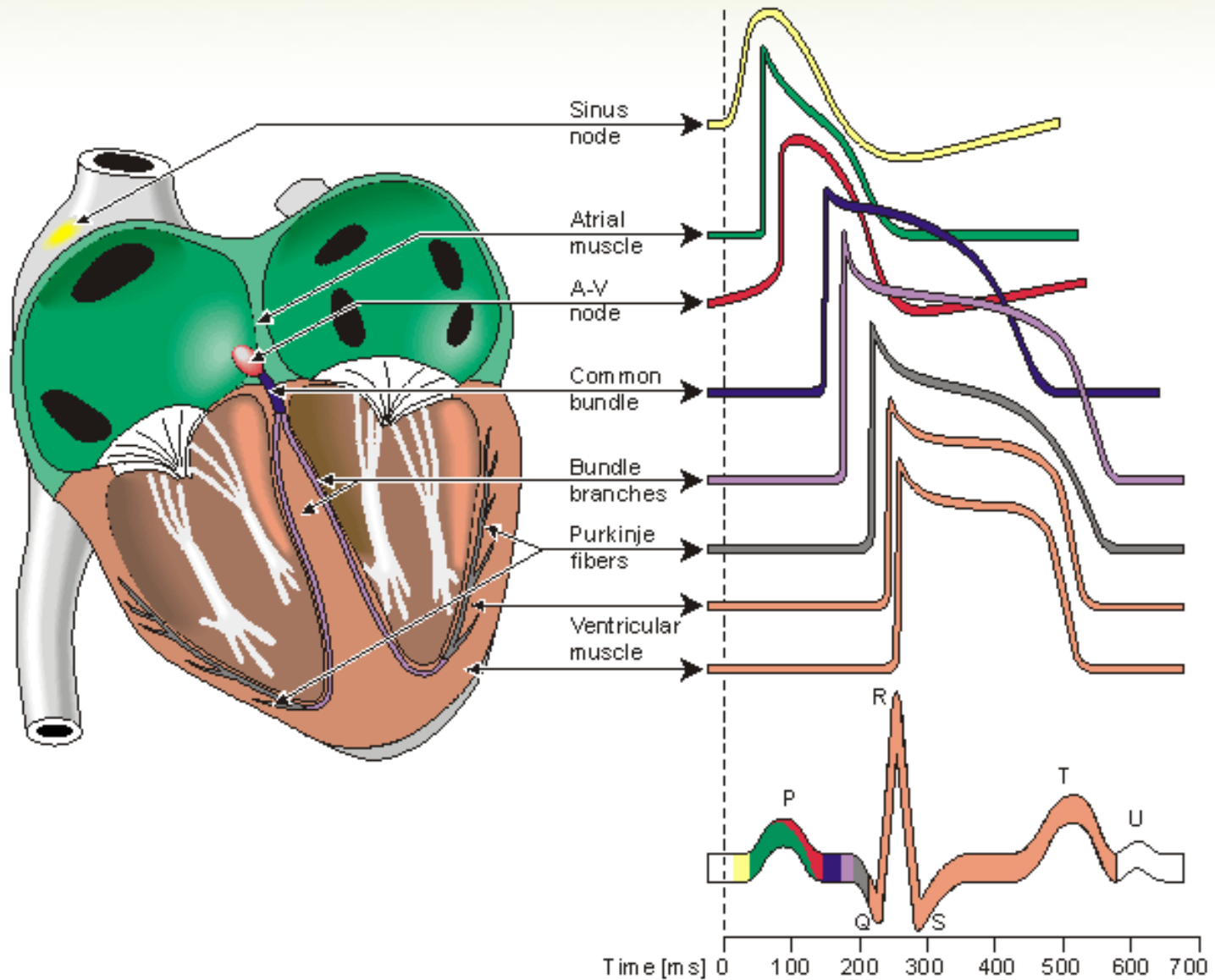
محدوده فرکانسی: ۰/۰۵ تا ۱۰۰ هرتز

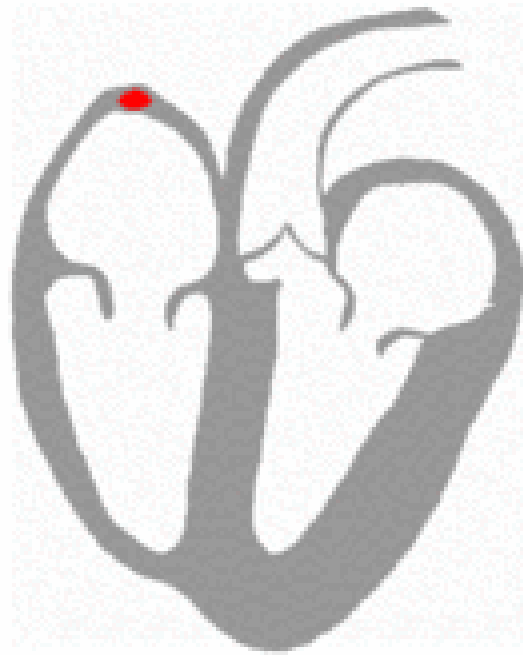


## توصیف دوره الکتریکی قلب:

- دوره الکتریکی قلب از گره سینوسی دهلیزی (SA node) در دهلیز راست که وظیفه‌ی ضربان‌سازی را بر عهده دارد آغاز می‌گردد.
- ایмпالس‌های گره SA موجب انقباض دهلیزها و تولید موج P در ECG می‌گردد.
- این ایмпالس‌ها در طول تارهای انقباضی دهلیزها به گره دهلیزی-بطنی (AV node) می‌رسد.
- گره AV انتقال ایмпالس‌ها بین دهلیزها و بطن‌ها را کنترل می‌کند. انقباض دهلیز و بطن حدود ۱۲۰ تا ۲۲۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشد.
- سیستم هدایتی خاصی که شامل Purkinje و bundle of His است ایмпالس‌ها را به بخش‌های پایینی و بیرونی بطن‌ها انتقال می‌دهد.
- انقباض بطن‌ها موجب پمپ کردن خون و تولید کمپلکس QRS در ECG می‌گردد.
- حدود ۱۵۰ میلی‌ثانیه بعد، بطن‌ها رپلاریزه شده و موج T در ECG شکل می‌گیرد.







رپلاریزاسیون دهلیزها به ندرت در ECG دیده می‌شوند. در موارد نادر این رخداد، موجی به نام TA بین موج‌های P و Q ظاهر می‌گردد.

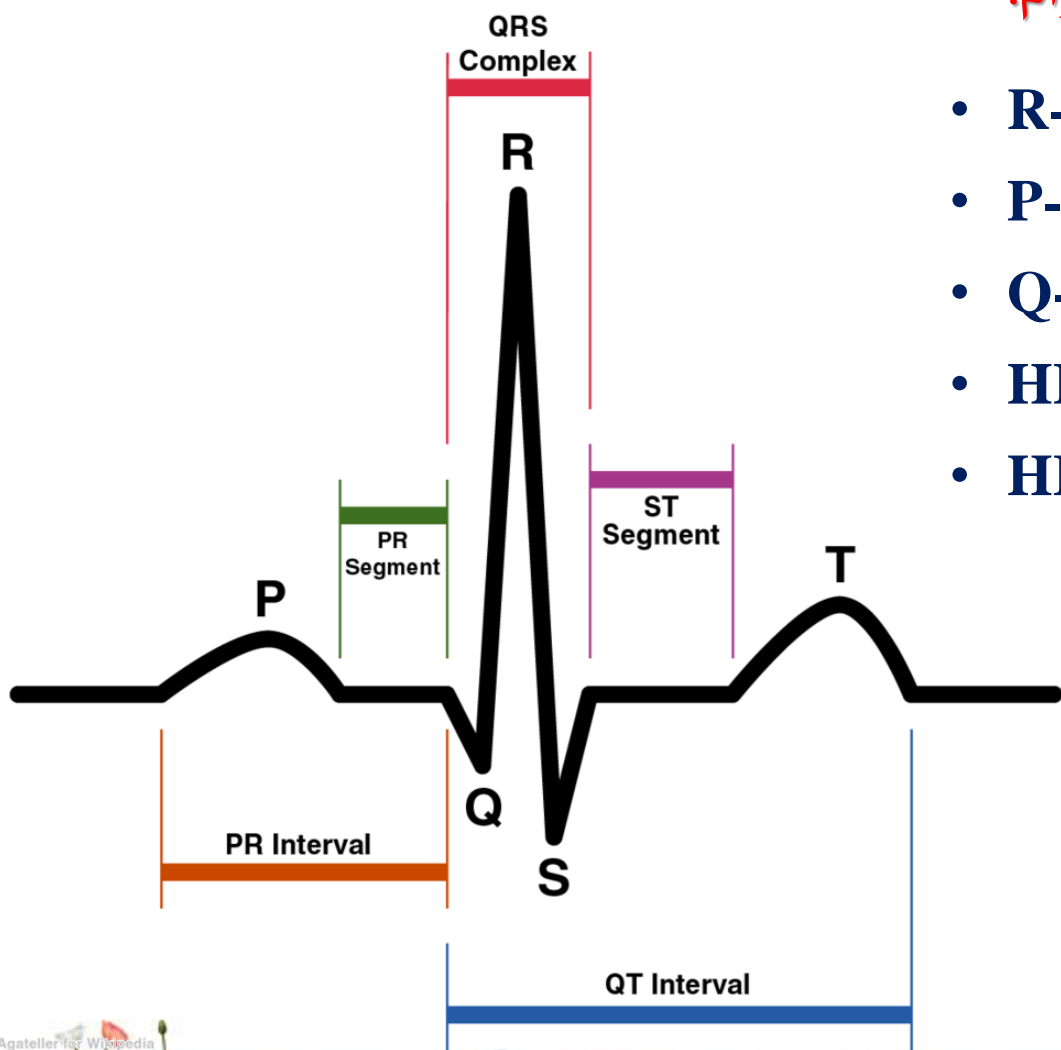


گاهی اوقات پس از موج T ، موج دیگری به نام موج U ثبت می‌گردد که عامل آن رپلاریزاسیون عضلات پاپیلاری (Papillary muscles) بطن تلقی می‌گردد.

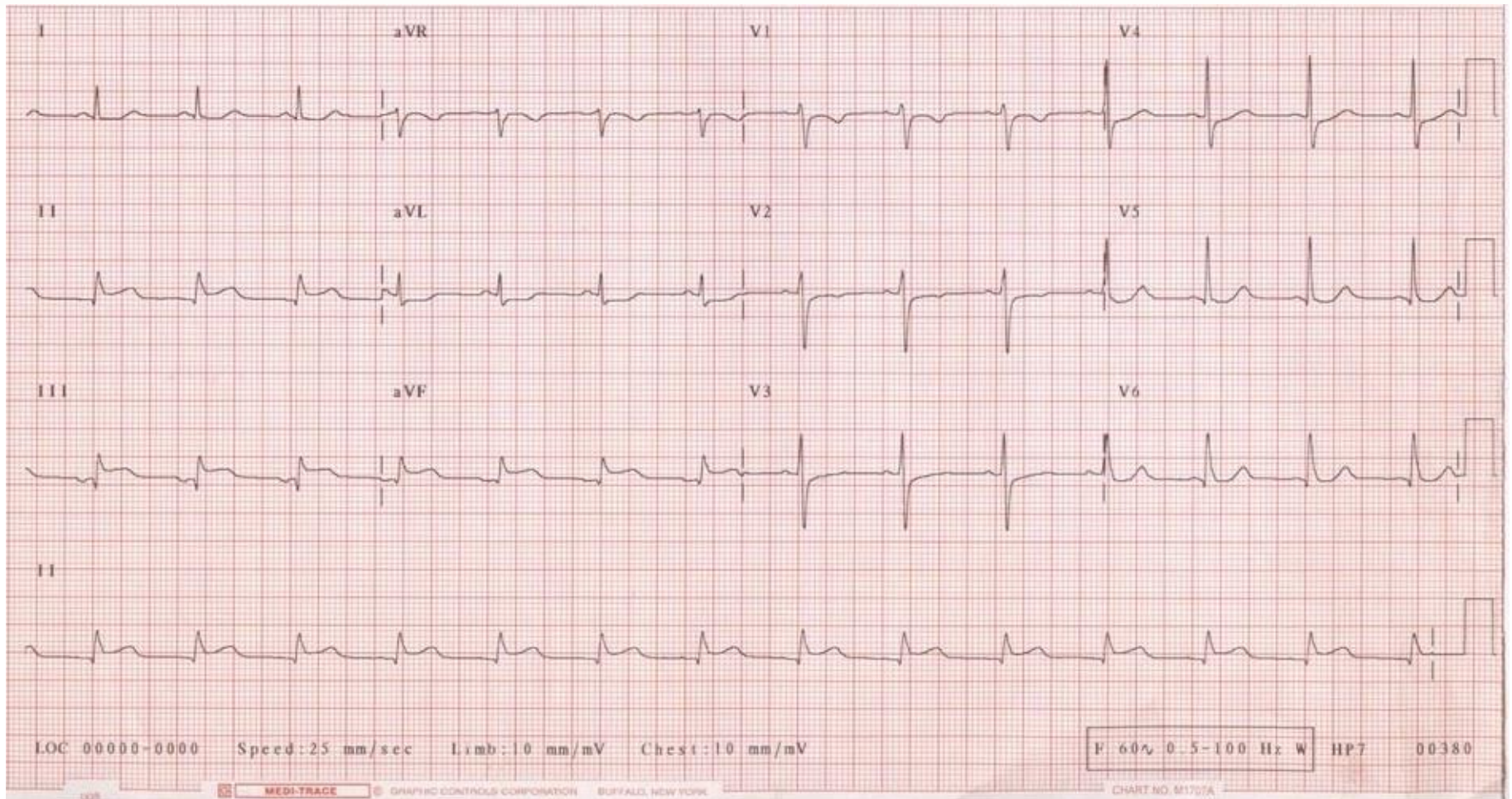


## ویژگی‌های زمانی سیگنال الکتروکاردیوگرام:

- R-R interval
- P-R interval
- Q-T interval
- HR (Heart Rate)
- HRV (Heart Rate Variability)







## اصطلاحات فنی:

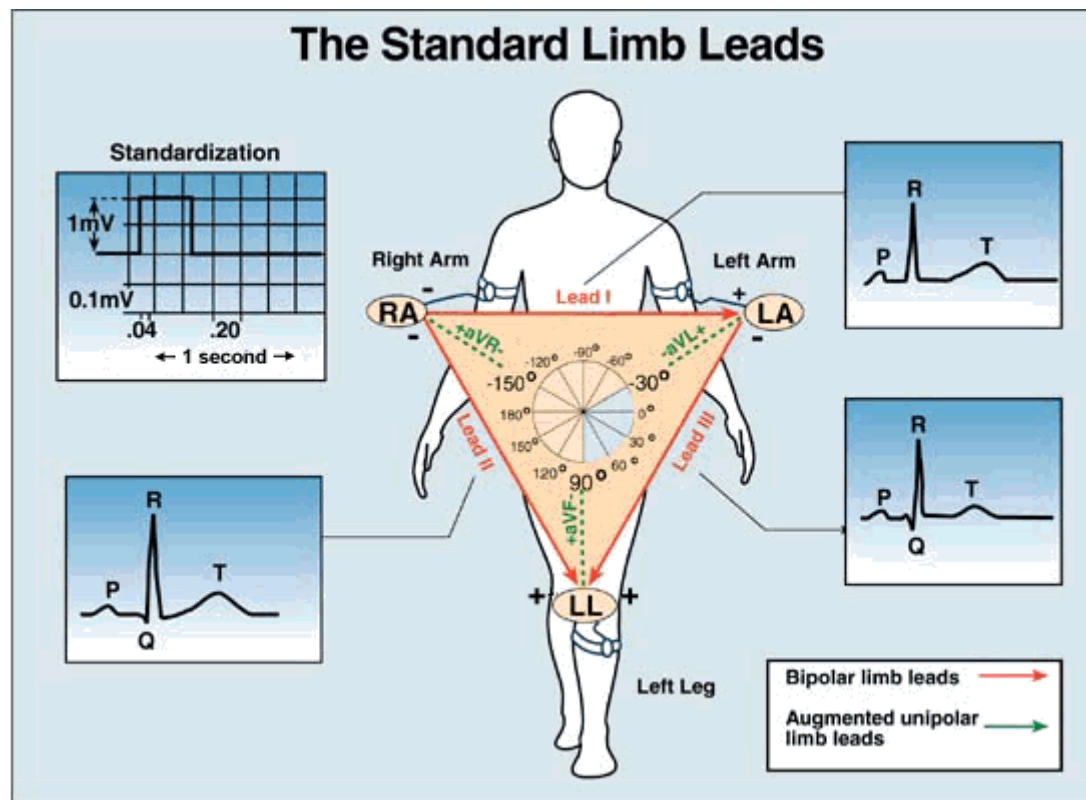
- **Bradycardia** : کاهش نرخ ضربان قلب مثلا حین خواب
- **Tachycardia** : افزایش نرخ ضربان قلب مثلا حین ورزش کردن، حال های احساسی و تب

## آریتمی های قلبی:

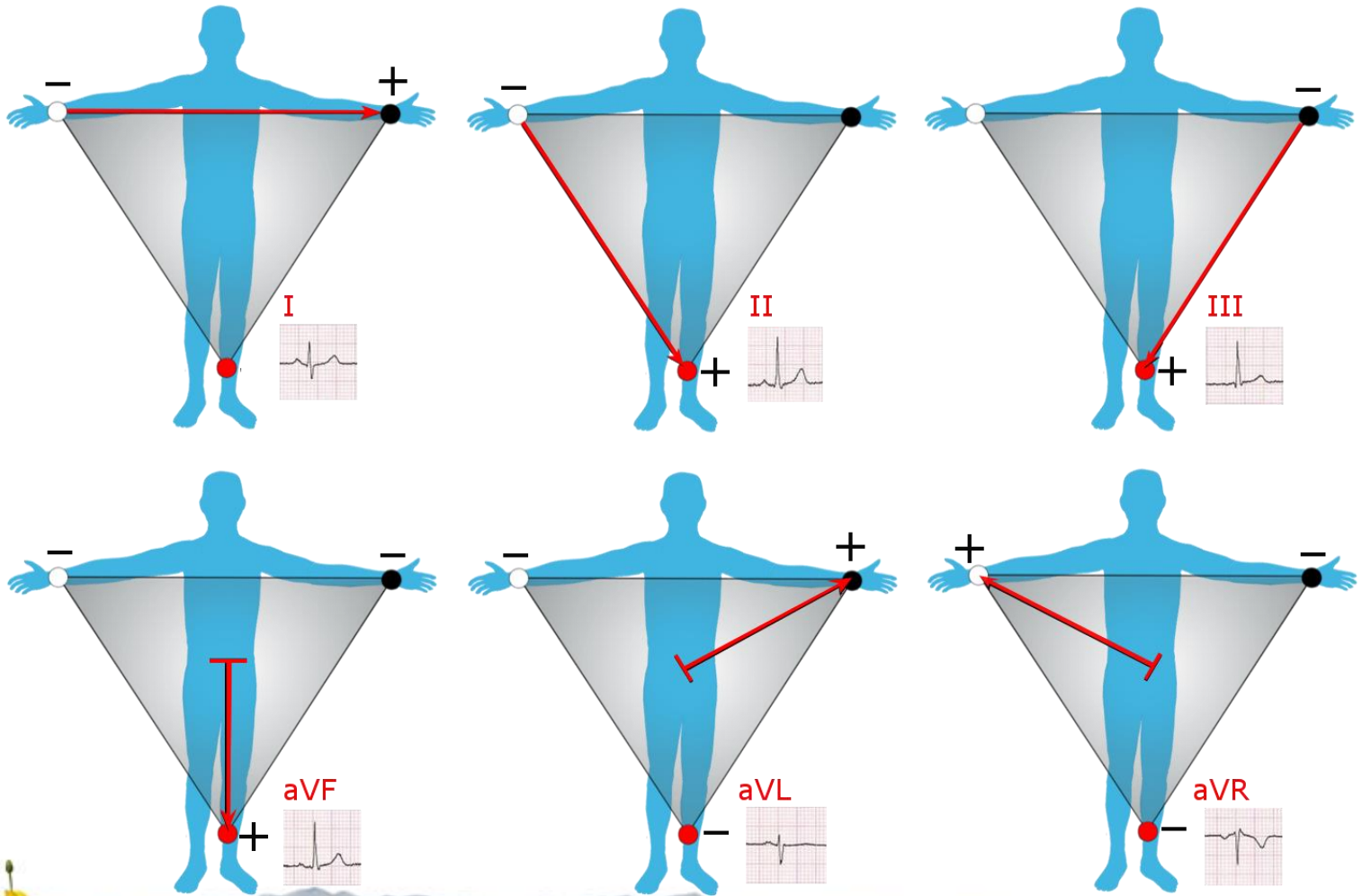
- انقباض زودرس بطنی (**PreVentricular Contraction**)
- فیبریلاسیون دهلیزی (**atrial fibrillation**)
- فیبریلاسیون بطنی (**ventricular fibrillation**)



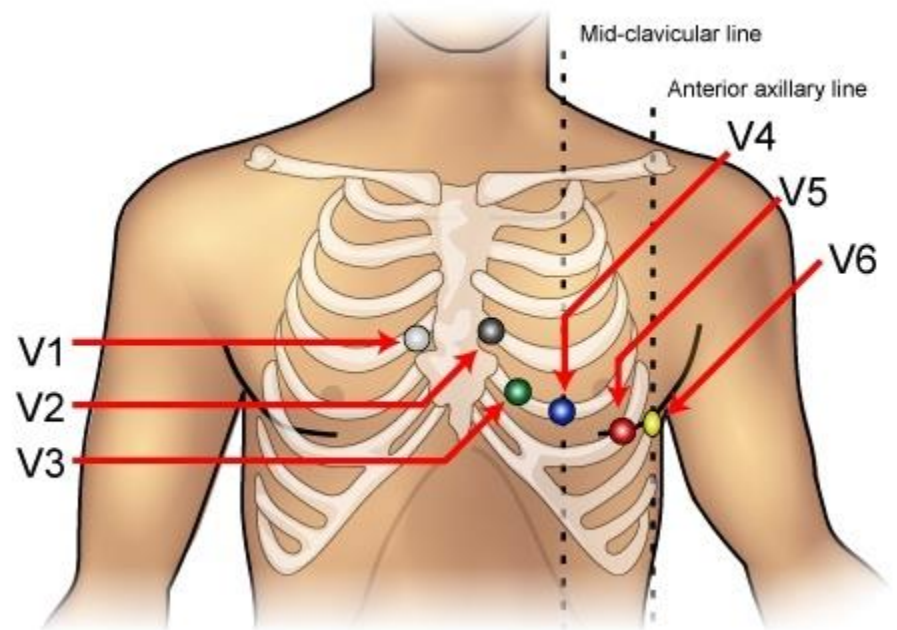
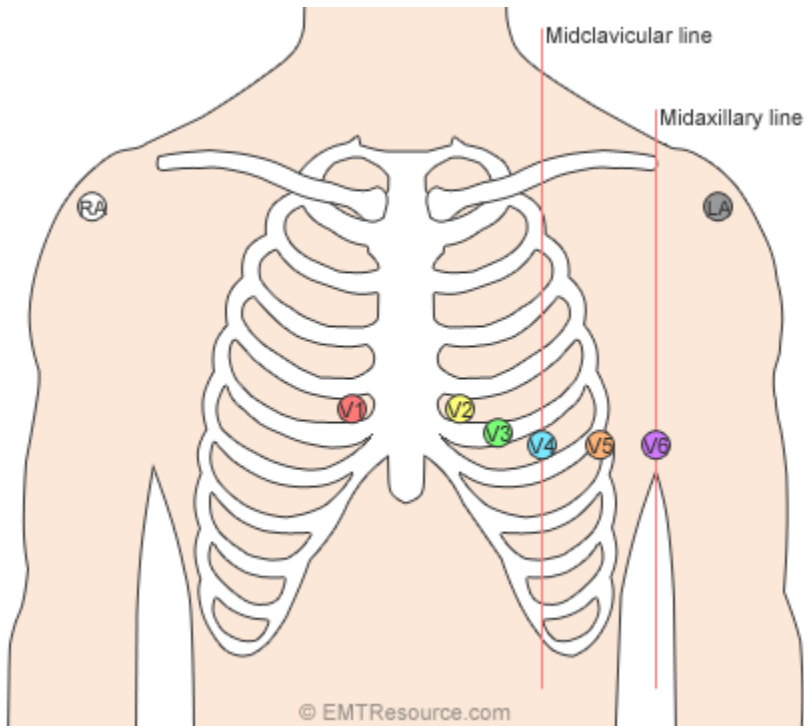
# اشتقاق‌های اندامی:



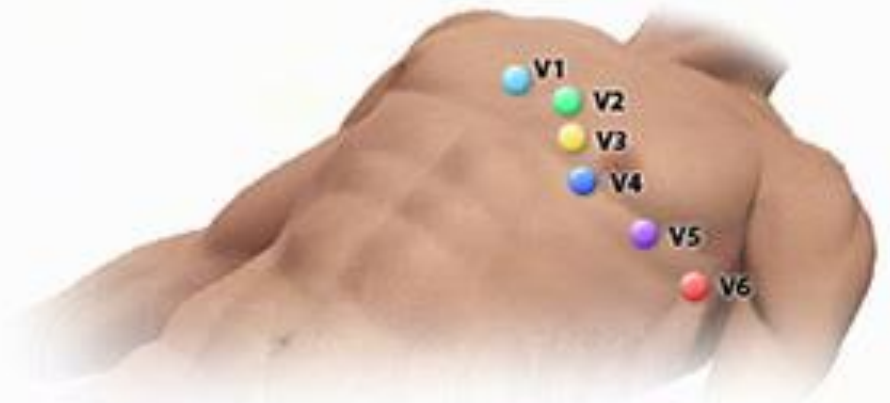
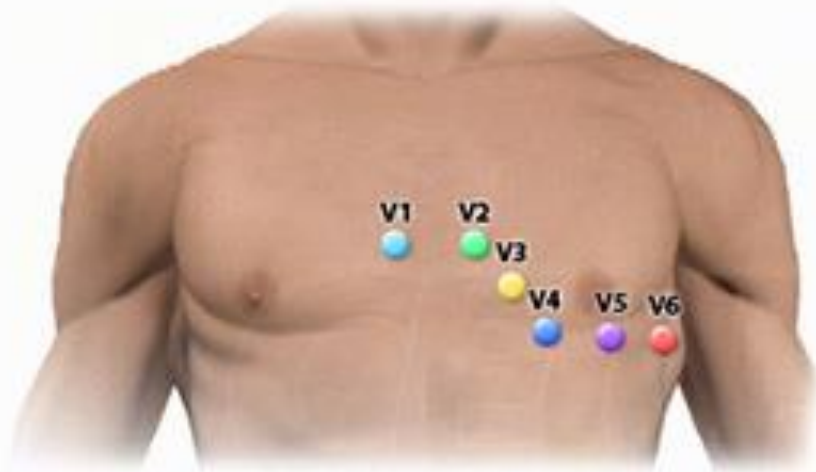
# اشتقاق‌های اندامی و اشتقاق‌های افزوده:



# اشتقاق‌های سینه‌ای:



## Precordial Leads (chest lead placement)



- V1 - 4th intercostal space to the right of the sternum
- V2 - 4th intercostal space to the left of the sternum
- V3 - Halfway between V2 and V4
- V4 - The left midclavicular line in the 5th intercostal space
- V5 - The left anterior axillary line at the same horizontal level as V4
- V6 - The left midaxillary line at the same horizontal level as V4 and V5



# الکتروکاردیوگرام (ECG)

## شگردهای پردازشی:

- تشخیص موجک (برای تعیین محل موج R و دیگر موجها)
- پیش‌بینی AR
- تخمین حالت
- فشرده‌سازی در شرایط پایش (monitoring) الکتروکاردیوگرام
- طبقه‌بندی برای ضربان‌های طبیعی و آریتمی



## الکتروکاردیوگرافی فرکانس بالا:

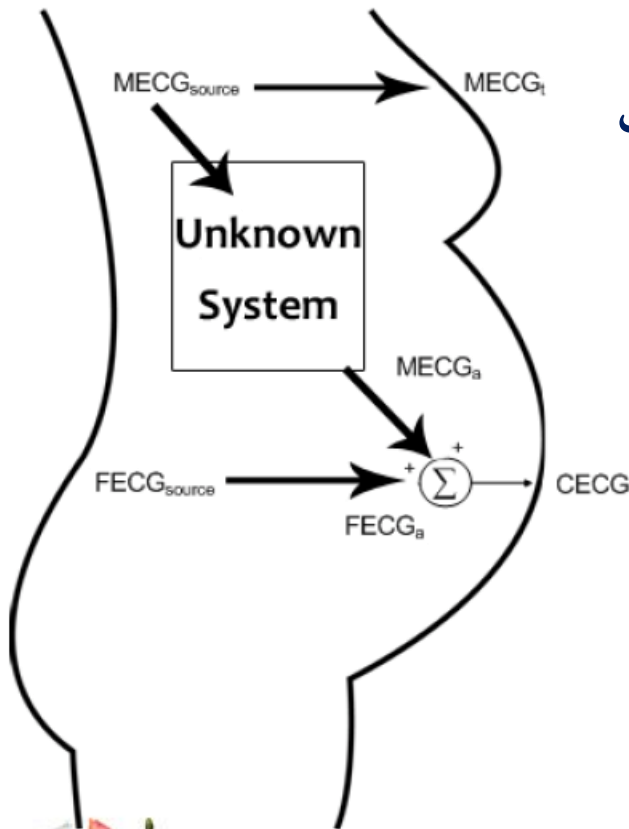
در محدوده فرکانسی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز که در حالت عادی با فیلتر حذف می‌گردد اطلاعاتی وجود دارد: شکل موج‌های **notches** و **slurs**.





## الکتروکاردیوگرافی جنین (Fetal Electrocardiography):

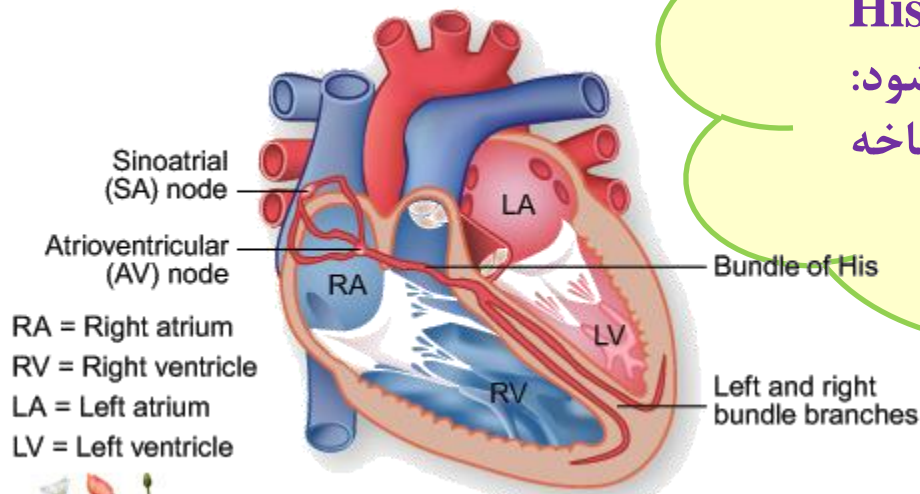
تشخیص غیرتهاجمی ECG جنین توسط الکترودهایی که روی سطح شکم مادر قرار می‌گیرند. عمده مشکلات پردازشی FECG، تداخل چشمگیر ECG مادر و فعالیت دیگر عضلات است که می‌توان از روش‌های فیلتر تطبیقی برای بهبود نسبت سیگنال به نویز استفاده نمود.



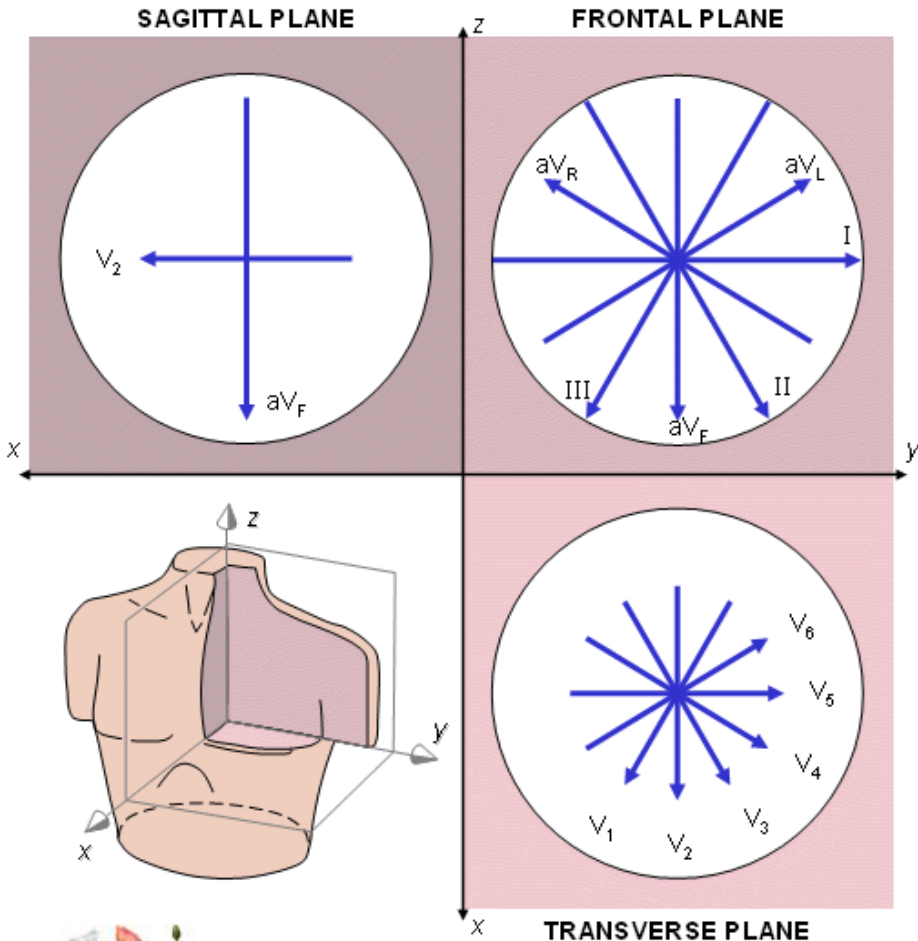
## الکتروکاردیوگرافی هیس باندل (His Bundle Electrocadiography - HBE):

ثبت میدان الکتریکی حاصل از فعالیت Purkinje و His Bundle  
HBE دارای دامنه ۱ تا ۱۰ میکروولت است و از این رو از روش میانگین گیری همزمان (synchronized averaging) در پردازش آن استفاده می گردد.

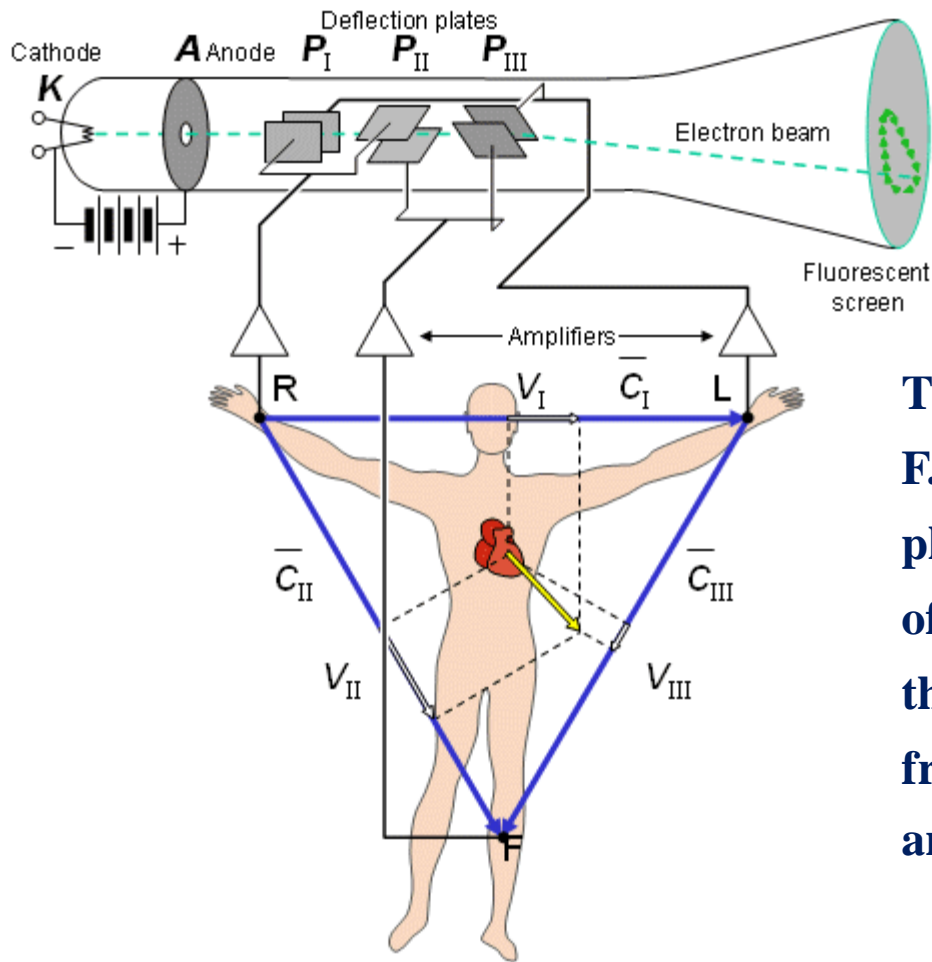
**His bundle:** الیاف عضلانی تخصص عمل یافته ای که بعد از گره AV، با سرعت بیشتری امواج را هدایت می کنند. His bundle به دو شاخه تقسیم می شود: شاخه راست (Right bundle) و شاخه چپ (Left bundle).



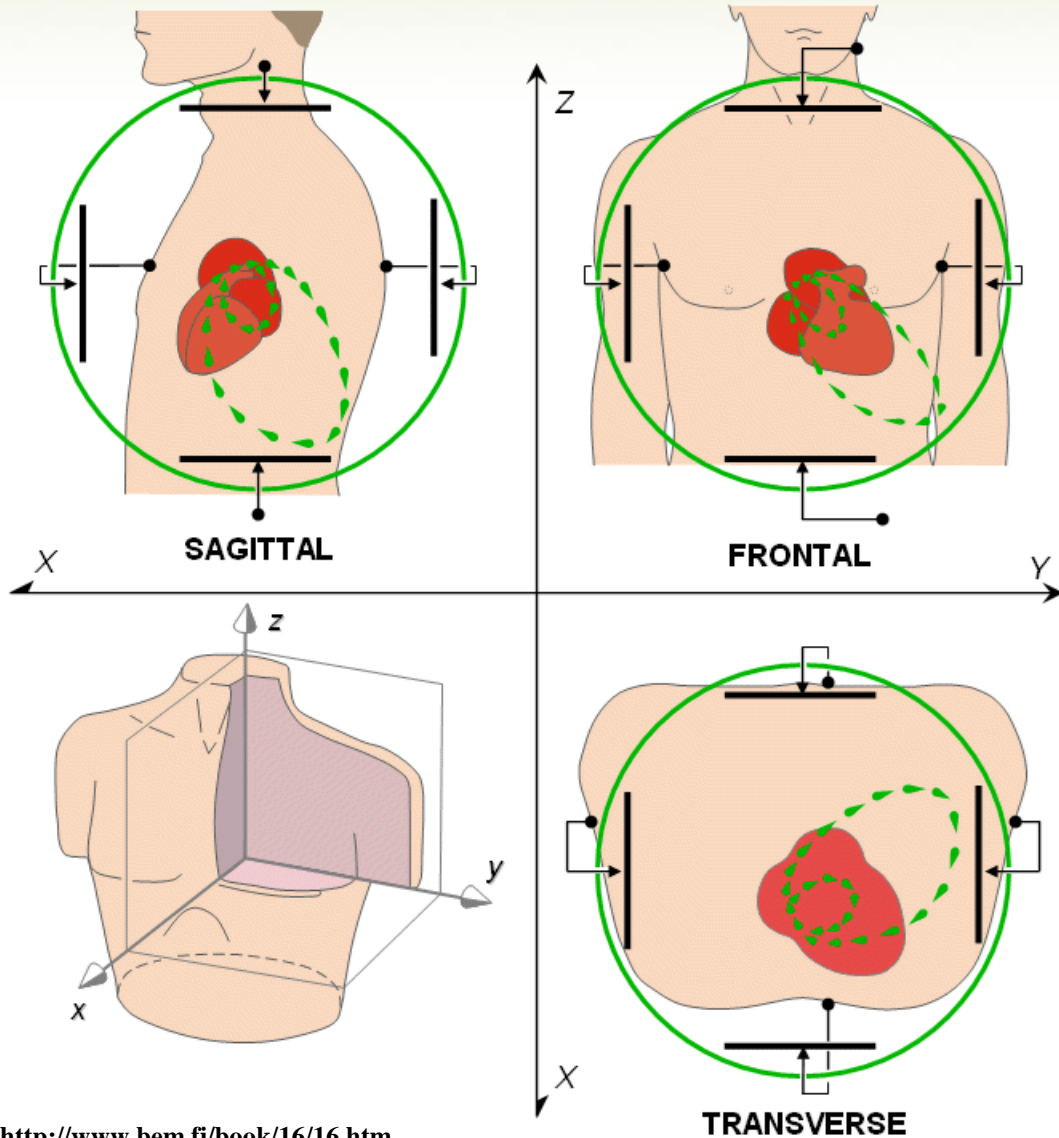
## الکتروکاردیوگرافی برداری (Vector Electrocadiography):



برخلاف الکتروکاردیوگرافی که در آن، ولتاژ الکترودهای سطحی بر حسب زمان رسم می‌شود در الکتروکاردیوگرافی برداری، ولتاژ الکترودها بر حسب الکتروود دیگر یا ترکیبی از الکترودهای دیگر رسم می‌گردد. با انتخاب مناسب محل الکترودها می‌توان تصویر تقریبی دو قطبی قلب در صفحات **frontal** و **sagittal**، **transverse** را به دست آورد.

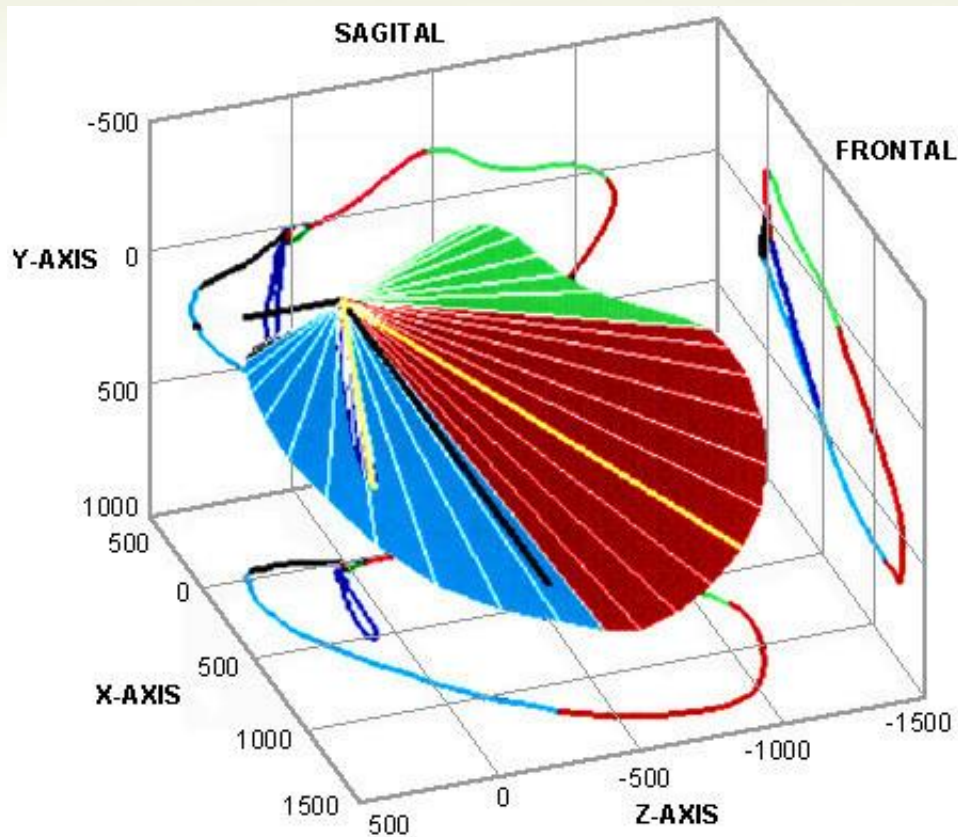


The cathode ray tube of W. Hollman and H. F. Hollman has three pairs of deflection plates oriented in the directions of the edges of the **Einthoven triangle**. Thus it produces the vectorcardiogram in the frontal plane from the Einthoven limb leads. (Hollman and Hollman, 1937)



**The basic principle of vectorcardiography is illustrated based on ideal uniform lead fields which are mutually orthogonal being set up by parallel electrodes on opposite sides of the torso (bipolar configuration).**





COLOR MAP FOR TIME	
1 TO 20 MS	100 TO 120 MS
20 TO 40 MS	120 TO 140 MS
40 TO 60 MS	140 TO 160 MS
60 TO 80 MS	TWAVE COLOR
80 TO 100 MS	

a 3D vectorcardiographic display with color coding for the time of occurrence of each 20 ms sector, and 2 ms segments within this sector



# فهرست مطالب

## عناوین این بخش:

- پتانسیل عمل ✓
- الکترونروگرام ✓
- الکترورتینوگرام ✓
- الکترواُکولوگرام ✓
- الکتروانسفالوگرام ✓
- پتانسیل برانگیخته ✓
- الکترومایوگرام ✓
- الکتروکاردیوگرام ✓
- الکتروگاستروگرام ✓
- رفلکس گالوانیک پوست

مقدمه ✓

سیگنال‌های بیوالکتریک ←

امپدانس ○

سیگنال‌های صوتی ○

سیگنال‌های مکانیکی ○

سیگنال‌های بیومغناطیسی ○

سیگنال‌های بیوشیمیایی ○

سیگنال‌های دوبعدی ○



همت بلندوار که مردان روزگار

از همت بلند به جایی رسیده اند

