

Células nerviosas

miércoles, 27 de marzo de 2019 23:10

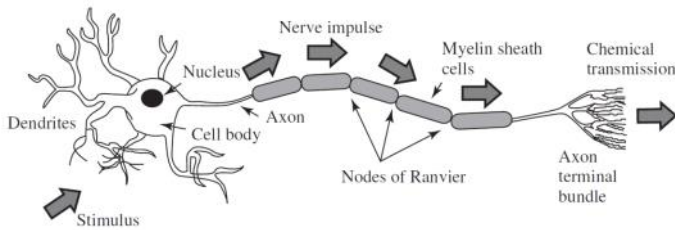


Figure 1.4 Structure of a neuron (adopted from Attwood and MacKay [25])

Células nerviosas/neuronas:

- Axones
- Dendritas
- Cuerpos de célula

Muchos de los estudios sobre neuronas se hicieron sobre calamares gigantes (giant squid) por el tamaño de sus células nerviosas!

- Los **axones** pueden medir entre menos de 1mm y metros en cuerpo humano. Son un tubo que **transmite impulsos eléctricos**.
- El **cuerpo** del nervio se encarga del **metabolismo** de la célula, sobre todo de la **síntesis de proteínas**. Tiene un único núcleo.
- Las **dendritas** son los extremos de las neuronas y están conectadas a axones o a dendritas de otras células nerviosas. El espacio entre dendritas o neuronas se llama **sinapsis**.

Cada nervio está conectado a más o menos 10k otros nervios.

En la membrana de cada célula se puede detectar una **polaridad negativa** de entre **-60mV** y **-70mV**, que cambia con la actividad sináptica (transmisión de impulsos eléctricos)

Como el potencial normal de la membrana de una neurona es negativa, se dice que se **despolariza** cuando su **potencial** pasa a ser **positivo** o cercano a positivo y se **repolariza** cuando pasa a tener un **potencial algo menor al del estado relajado**, para luego volver a su valor original

Potenciales de Acción (AP):

Es la **información transmitida** por un nervio producida por un **intercambio de iones** entre neuronas / células nerviosas (a través de la **membrana** de las mismas).

Este intercambio de iones produce el **cambio de potencial en la membrana** que define al AP.

Por lo general sólo viaja en **un sentido**.

El AP **empieza en el cuerpo de la célula** y viaja a través del axón.

Los AP por lo general **duran** entre **5ms** y **10ms**.
Su velocidad de **conducción** cae entre los **1ms** y **100ms**,

Las fibras por las que viajan los AP pueden terminar en:

1. **Sinapsis excitante**: Se produce un **potencial excitante post-sináptico EPSP** en la próxima célula nerviosa. Estos potenciales excitantes pueden ser superpuestos para así poder definir límites (thresholds) en los cuales la célula se excitará y transmitirá el impulso a la próxima célula o no según el valor del EPSP resultante.
2. **Sinapsis inhibitoria**: Se produce un **potencial post-sináptico inhibitorio IPSP** (hiperpolarización de la membrana), por lo cual la célula nerviosa se inhibe de excitaciones externas.

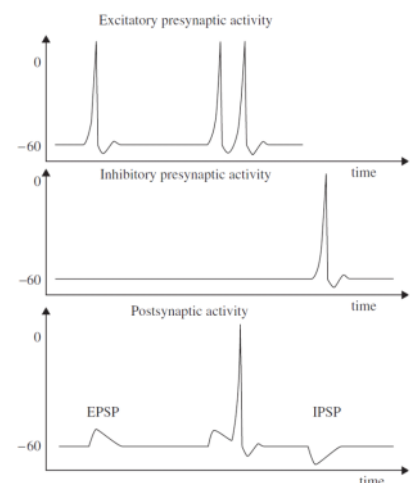
Cuando se produce una **IPSP**, se producen corrientes de cargas positivas al exterior de la célula y corrientes de cargas negativas al interior de la célula, que resultan en cambios de potencial. La porción de estas corrientes que es extracelular produce potenciales de campo que se llamarán **EEG** (hasta los 100 Hz) cuando el **valor medio** de la señal **NO** cambia y **DC** cuando este **sí** cambia.

Los AP pueden ser iniciados por varios tipos diferentes de **estímulos**:

- Químicos
- Luz
- Presión
- Estiramiento
- Roce

En el **Sistema Nervioso Central CNS**, los nervios responden por lo general a **estímulos químicos** provocados por la actividad sináptica.

Para que provoquen una **respuesta**, los **estímulos** tiene que superar un cierto **valor barrera** o **threshold**. Cuando este valor barrera es superado, el AP se produce y comienza a viajar a través del axón.



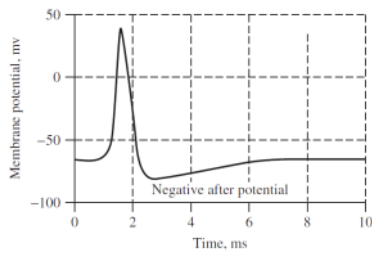
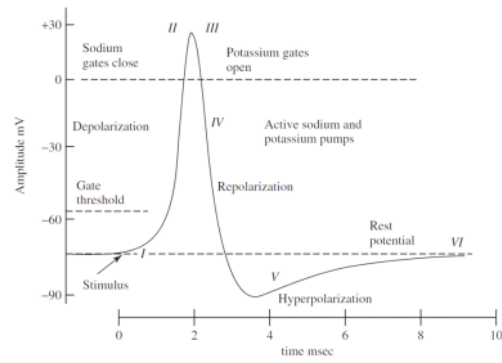


Figure 1.2 An example action potential



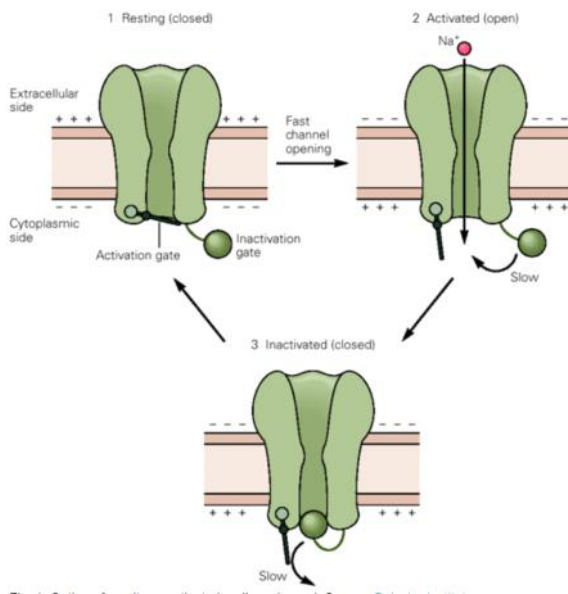
Para un ser humano, la amplitud de del potencial de la membrana cae entre los -60mV y los 10mV

La **hiperpolarización** permite **eleva** el **valor barrera** que permite que se vuelva a excitar la célula. Además, **evita** que un AP enviado por el axón **vuelva "hacia atrás"** y recorra el trayecto que acaba de recorrer. Asegura la **unidireccionalidad** del AP.

Canales de Na⁺ vs K⁺

jueves, 28 de marzo de 2019 00:40

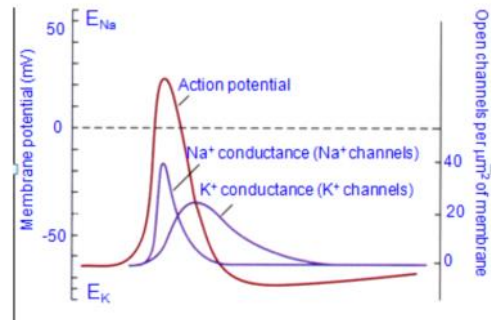
Hay 3 estados para el canal de Na⁺



Al abrirse los canales de K⁺, las partículas de K⁺ se van afuera de la célula, no sólo produciéndose la repolarización, sino que se llega a la hiperpolarización.

Por qué los canales de Na⁺ son más rápidos que los de K⁺?

Por las leyes probabilísticas y cinéticas de las partículas y cargas que producen que los canales de Na⁺ (con su forma y sistemas de apertura distintas a los de K⁺) se abran versus las mismas características de los de K⁺.



Período refractario:

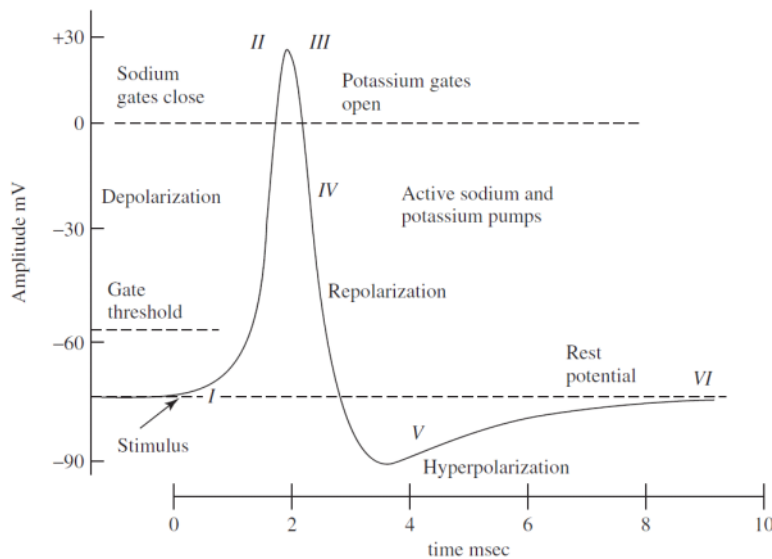
Período en el cual una neurona no se puede volver a excitar luego de haber sido previamente excitada

Los canales de K⁺ son más lentos en abrirse y por ende también en cerrarse, esto permite la hiperpolarización.

Luego de abiertos, los canales de Na⁺ se vuelven inactivos por aproximadamente 2 milosegundos, lo que da a lugar al período refractario.

Química de los AP

jueves, 28 de marzo de 2019 00:12



La membrana de la neurona tiene **canales de Na y de K**. Al abrirse o cerrarse estos canales se cambiará la polarización de la membrana, produciéndose o dejándose de producir los AP.

(Na y K cargados positivamente).

En estado relajado, las concentraciones de K y Na dentro de la neurona son bajas, mientras que son altos fuera de la neurona. Al **abrirse** los **canales de sodio** entonces se producirá la **despolarización** de la membrana.

Proceso de **generación** de un **AP** para el **giant squid**:

1. Al recibir un estímulo, se **abren** los canales de **Na⁺** de la membrana. El proceso continuará si el potencial resultante excede los **-55mV** (parte de los -70mV).
2. Se abren más canales de Na⁺ y se continúa elevando el potencial de la membrana hasta **+30mV**, lográndose así la despolarización de la célula.
3. Se cierran los canales de Na⁺ y se **abren los de K⁺**, que son más lentos. Si se abriesen los dos al mismo tiempo la célula se iría a 0mV y no se terminaría de despolarizar completamente. En cambio, de esta forma se puede comenzar la repolarización.
4. Comienza la **repolarización**
5. Se llega a la **hiperpolarización** ([link](#))
6. Las **bombas de Na⁺ y K⁺** vuelven a regular el potencial de la membrana para que se vuelva a los -70mV originales

El [Período refractario](#) dura 2 milisegundos aproximadamente. ([link](#))

Componentes y Estructuras básicas del encéfalo

jueves, 28 de marzo de 2019 01:10

Pyramidal cells, or **pyramidal neurons**, are a type of [multipolar neuron](#) found in areas of the brain including the [cerebral cortex](#), the [hippocampus](#), and the [amygdala](#). Pyramidal neurons are the primary excitation units of the mammalian [prefrontal cortex](#) and the [corticospinal tract](#). Pyramidal cells are among the largest neurons in the brain. Both in humans and rodents, pyramidal cell bodies (somas) average around 20 μm in length

One of the main structural features of the pyramidal neuron is the conic shaped **soma**, or cell body. Other key structural features of the pyramidal cell are a single [axon](#), a large [apical dendrite](#), multiple [basal dendrites](#), and the presence of [dendritic spines](#).^[4]

Apical dendrite

The apical dendrite rises from the apex of the pyramidal cell's soma. The apical dendrite is a single, long, thick dendrite that branches several times as distance from the soma increases and extends towards the cortical surface.^[4]

Desde <https://en.wikipedia.org/wiki/Pyramidal_cell>

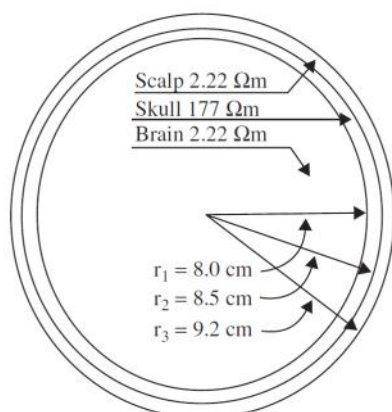
The **cerebral cortex**, also known as the **cerebral mantle**, is the outer layer of [neural tissue](#) of the [cerebrum](#) of the [brain](#), in [humans](#) and other [mammals](#)

Desde <https://en.wikipedia.org/wiki/Cerebral_cortex>

Una señal EEG es la medición de **corrientes** que fluyen **durante excitaciones** sinápticas de muchas **neuronas piramidales** en la **corteza cerebral**.

Las corrientes producidas son medidas mediante **electromyograma EMG**

Estas corrientes son generadas por el desplazamiento de iones como el K^+ , Na^+ , Ca^{++} y Cl^-



El **cráneo atenúa** más de **100 veces** la señal de lo que la atenúa el tejido blando!!!

El **ruido** proviene desde el **cerebro** mismo (**ruido interno**) o luego del **cuero cabelludo**, por lo que solo se podrá medir corrientes provenientes de **grandes poblaciones** de **neuronas activas** si se utilizan electrodos sobre el cuero cabelludo.

Cantidad inicial de neuronas $\sim 10^{11}$

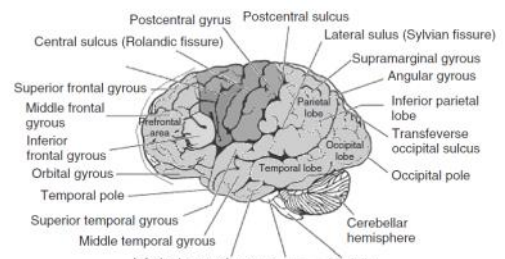
- La **cantidad** de neuronas **disminuye** con la **edad**.
- La cantidad de **conexiones** entre neuronas **aumenta** con la **edad**.

El **encéfalo** (brain) tiene 3 zonas distinguibles:

1. Cerebro
2. Cerebelo
3. Tronco encefálico

El **cerebro** se encarga de:

- Expresiones y Emociones
- Análisis complejo
- Consciencia



El **cerebro** se encarga de:

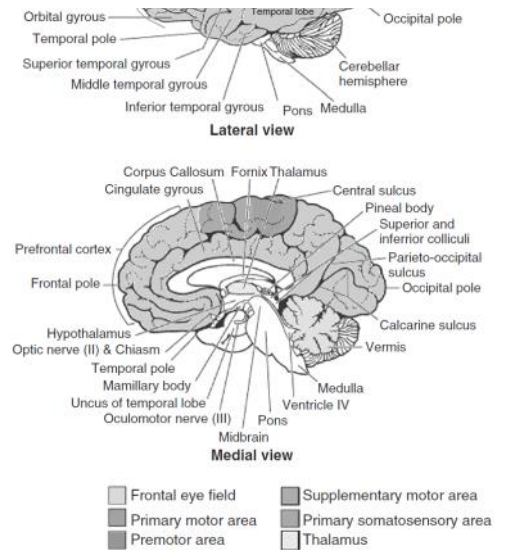
- Expresiones y Emociones
- Análisis complejo
- Consciencia
- Iniciación del movimiento

El **cerebelo** se encarga de **movimientos voluntarios**:

- Músculos
- Mantiene el balance

El **tronco encefálico** se encarga de **acciones involuntarias**:

- Respiración
- Regulación cardíaca
- Ritmos biológicos
- Hormonas



Brain rhythms

viernes, 29 de marzo de 2019 13:00

Las amplitudes y frecuencias de las señales del cerebro cambian por persona y por edad.

Hay 5 principales bandas de frecuencia para las señales cerebrales:

- Ondas alfa
- Ondas theta
- Ondas beta
- Ondas delta
- Ondas gamma

Ondas delta (0.5 Hz - 4 Hz):

Aparecen en el sueño profundo pero también podrían llegar a aparecer cuando se está despierto

Son fácilmente confundibles con movimientos musculares porque las ondas del músculo recorren la superficie del cuerpo y son de alta amplitud al comparar con las ondas delta que se originan en lo profundo del cerebro y son atenuadas enormemente por el cráneo.

Un filtrado correcto de la señal podrá identificar correctamente cuáles de estas amplitudes corresponden a movimiento excesivo y cuáles a ondas delta.

Ondas theta (4 Hz - 7.5 Hz):

Aparecen cuando se pasa de estar consciente a **entrar en el trance del sueño**.

Se asocian a:

- Pensamiento creativo
- Meditación profunda
- Acceso a material inconsciente

Parece estar relacionada al nivel de excitación de la persona.

Viene **acompañada por otras frecuencias**.

Es normal que en la niñez estén presentes en estado consciente, pero que estén presentes en la consciencia adulta indica patología.

Ondas alfa (8Hz - 13 Hz):

Indican **consciencia relajada, es decir, no concentrada ni prestando atención**.

Desaparecen o se atenúan con el estrés, la ansiedad, la concentración, etc.

Aparecen en la región occipital del cerebro, en la parte posterior de la cabeza.

Es la onda **más prominente en la actividad cerebral** y podría cubrir más frecuencias de las mencionadas.

Forma senoidal, aunque a veces pueden no serlo. En este caso suelen venir en forma no suave para las componentes negativas y suave para las positivas.

Ondas beta (14 Hz - 26 Hz):

Asociadas con el pensamiento activo, la **concentración**, la **atención**, el **resolver problemas concretos**.

El **pánico** produce altas amplitudes de onda beta.

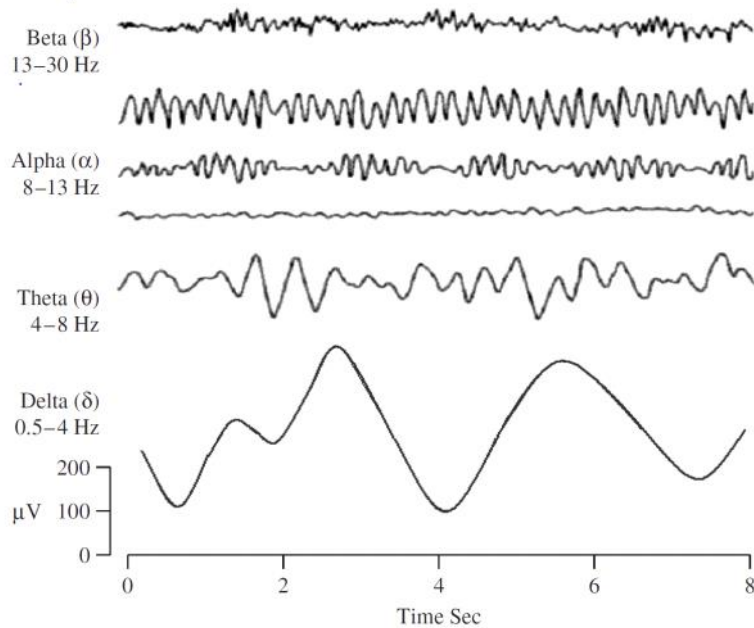
Esta actividad se encuentra localizada en la región frontal y central.

Ondas gamma (30Hz - 40 Hz):

Sirve para detección de enfermedades.

Son un buen parámetro a la hora de identificar Sincronización Relacionada a Eventos (**ERS**).

Pueden ser usadas para identificar dónde se originan las ondas del movimiento de dedos índices, de la lengua y de los dedos del pie.

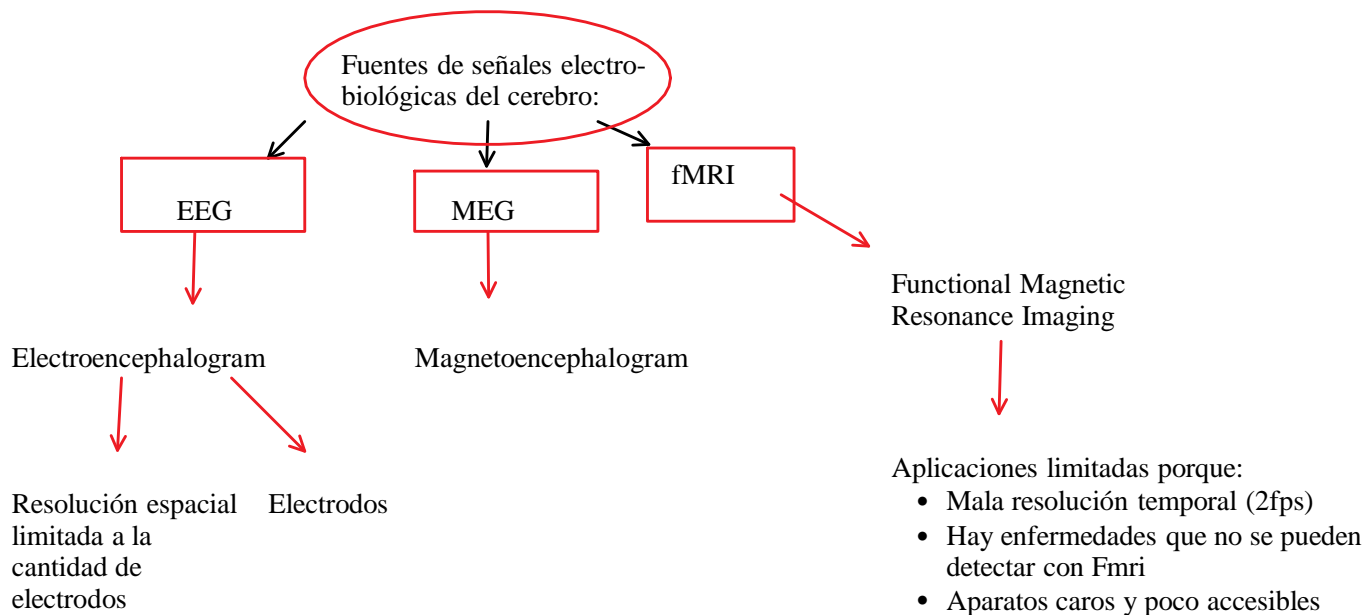


a

Medición y registro de EEG

viernes, 29 de marzo de 2019

15:20



La **banda ancha** efectiva para señales de **EEG** es de **100 Hz** -> Nyquist -> 200Hz mínimo de sampleo

16 bits de cuantización normalmente.

Para una hora de sueño grabado, con $f_s = 2000$ samples/s, 128 electrodos y 16 bits cuantización ~0.45 Gbytes

Distintos tipos de **electrodos**:

1. Descartables, sin gel o con pre-gel
2. Reusables, de disco
3. Vinchas y gorras
4. De aguja

Vinchas y gorras para grabaciones de canal múltiple

Electrodos de aguja: Operación mínimamente invasiva. Implantados debajo del cráneo

Altas impedancias en los electrodos pueden provocar demasiada distorsión!
Del orden de los 5k por lo general

★ International Federation of Societies for electroencephalography and clinical Neurophysiology

Condicionamiento de las señales

viernes, 29 de marzo de 2019 15:45

Las señales de **EEG crudas** (sin filtrado) tienen componentes **hasta los 300Hz** y amplitudes del orden de los **μV** .

La amplificación de las señales vendrá antes del ADC y el filtrado podrá venir antes o después. Se filtra primero la respiración y demás

-> **filtro pasa-altos** de **menos de 0.5Hz** de frecuencia de corte.

Un pasa-bajos de 50 a 70 Hz de frecuencia de corte para ruido de alta frecuencia.

Filtro notch para los **50Hz**.

Frecuencias de sampleo usuales:

200, 1000, 2000 fps

Bases del procesamiento de señales EEG

viernes, 29 de marzo de 2019 16:23

Algunos de los algoritmos utilizados para el procesamiento de señales EEG tienen que ver con:

- Análisis en el dominio del tiempo
- Análisis en el dominio de la frecuencia
- Análisis en el dominio del espacio
- Procesamiento multiway

Multiway data analysis is a method of analyzing large data sets by representing the data as a [multidimensional array](#). The proper choice of array dimensions and analysis techniques can reveal patterns in the underlying data undetected by other methods.^[1]

Desde <https://en.wikipedia.org/wiki/Multiway_data_analysis#Multiway_processing>

Varios algoritmos fueron desarrollados para:

1. Separar fuentes de señales de un multisensor
2. Encontrar fuentes de señales en el cerebro

★ Simulator for Neural Networks and Action Potentials

El modelo de Hodgkin y Huxley nos da las ecuaciones para definir la forma de un AP en función del tiempo usando características físicas de las neuronas humanas.

$$\alpha_{\text{Na}}(E) = \frac{3.5 + 0.1E}{1 - e^{-(3.5+0.1E)}}$$

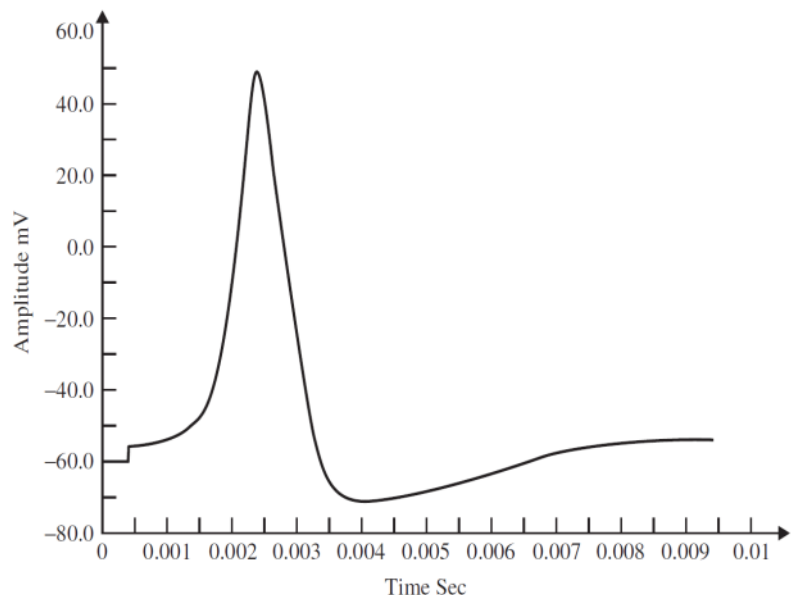
$$\beta_{\text{Na}}(E) = 4e^{-(E+60)/18}$$

$$\alpha_{\text{h}}(E) = 0.07e^{-(E+60)/20}$$

$$\beta_{\text{h}}(E) = \frac{1}{1 + e^{-(3+0.1E)}}$$

$$\alpha_{\text{K}}(E) = \frac{0.5 + 0.01E}{1 - e^{-(5+0.1E)}}$$

$$\beta_{\text{K}}(E) = 0.125e^{-(E+60)/80}$$



Este y demás modelos físicos los podemos encontrar en el libro.

Se usan métodos de estimación para poder encontrar la naturaleza de la fuente de la señal de EEG para poder así aplicar los modelos correspondientes a esa fuente.

Estimadores lineales

viernes, 29 de marzo de 2019 16:53

Leer libro de señales aleatorias para poder entender esto bien

En cuanto a la estimación de señales en sí, podemos estimarlas usando modelos **AR** (autoregressive) o **ARMA** (autoregressive moving average).

Modelo AR:

$$y(n) = - \sum_{k=1}^p a_k y(n-k) + x(n)$$

p: orden del filtro

ak: parámetros de estimación

x(n): ruido en el instante n

y(n): muestra nésima

Modelo ARMA:

$$y(n) = - \sum_{k=1}^p a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^q b_k x(n-k)$$

Criterio de AIKAIKE:

Minimizando al siguiente ecuación con respecto al orden, se puede obtener los órdenes correctos para estimar una señal específica:

$$AIC(i, j) = N \ln(\sigma_{ij}^2) + 2(i + j)$$

-----1-----
In a multivariate AR (MVAR) approach a multichannel scheme is considered. Therefore, each signal sample is defined versus both its previous samples and the previous samples of the other channels, i.e. for channel i ,

$$y_i(n) = - \sum_{k=1}^p a_{ik} y_i(n-k) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \sum_{k=1}^p a_{jk} y_j(n-k) + x_i(n) \quad (2.26)$$

where m represents the number of channels and $x_i(n)$ represents the noise input to channel i . Similarly, the model parameters can be calculated iteratively in order to minimize the error between the actual and predicted values [13].

Método Prony

viernes, 29 de marzo de 2019 17:01

Método previamente usado para modelar Evoke Potentials (EP):

An **evoked potential or evoked response** is an [electrical potential](#) recorded from the [nervous system](#) of a [human](#) or other [animal](#) following presentation of a [stimulus](#), as distinct from spontaneous potentials as detected by [electroencephalography](#) (EEG), [electromyography](#) (EMG), or other [electrophysiologic](#) recording method. Such potentials are useful for [electrodiagnosis](#) and [monitoring](#).

Desde <https://en.wikipedia.org/wiki/Evoked_potential>

Se aplica un estímulo de audio o video de corta duración ($\delta(n)$) y se observa la respuesta del cerebro a este impulso, que fijará la **respuesta impulsiva** del **cerebro**, que es considerado como un **filtro linear FIR** (finite impulse response).

El método es utilizado para calcular los parámetros de predicción lineal (**LP**) del modelo AR o ARMA.

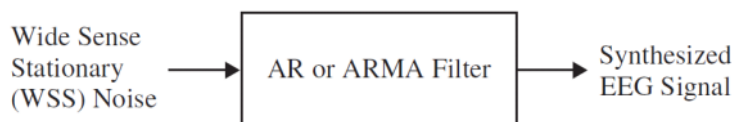


Figure 2.6 A linear model for the generation of EEG signals

Se usaba para ajustar los datos a senoidales multiplicadas por exponenciales decrecientes, pero también sirve para senoidales

Based on the original method the output of an AR system with zero excitation can be considered to be related to its IR as

$$y(n) = \sum_{k=1}^p a_k y(n-k) = \sum_{j=1}^p w_j \sum_{k=1}^p a_k r_j^{n-k-1} \quad (2.27)$$

$$w_j = A_j e^{j\theta_j}, \quad r_k = \exp[(\alpha_k + j2\pi f_k)T_s].$$

Entonces $\mathbf{a} = -\mathbf{Y}^{-1}\check{\mathbf{y}}$.

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_p \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y(p) \dots y(1) \\ y(p-1) \dots y(2) \\ \vdots \\ y(2p-1) \dots y(p) \end{bmatrix}, \quad \text{and} \quad \check{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} y(p+1) \\ y(p+2) \\ \vdots \\ y(2p) \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

where $a_0 = 1$. The prediction filter output, i.e. on the basis of Equation (2.27), $y(n)$ is calculated as the weighted sum of p past values of $y(n)$, and the parameters f_k and r_k are estimated. Hence, the damping factors are obtained as

$$\alpha_k = \ln |r_k| \quad \mathbf{a}$$

and the resonance frequencies as

$$f_k = \frac{1}{2\pi} \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}(r_k)}{\text{Re}(r_k)} \right]$$

The w_k parameters are calculated using the fact that $y(n) = \sum_{k=1}^p w_k r_k^{n-1}$ or

$$\begin{bmatrix} r_1^0 & r_2^0 & \dots & r_p^0 \\ r_1^1 & r_2^1 & \dots & r_p^1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_1^{p-1} & r_2^{p-1} & \dots & r_p^{p-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(1) \\ y(2) \\ \vdots \\ y(p) \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

Donde

$\mathbf{R}\mathbf{w} = \mathbf{y}$, where $[\mathbf{R}]_{k,l} = r_l^k, k = 0, 1, \dots, p-1, l = 1, \dots, p$,

$$A_k = |w_k| \quad \theta_k = \tan^{-1} \left[\frac{\text{Im}(w_k)}{\text{Re}(w_k)} \right]$$

For cases where $N > 2p$: $\mathbf{w} = (\mathbf{R}^T \mathbf{R})^{-1} \mathbf{R}^T \mathbf{y}$.

Este método es bueno si el ruido es blanco!!!! Pero puede ser muy inefectivo si el ruido es no blanco!!!

Estimadores no lineales

viernes, 29 de marzo de 2019 16:53