

## TEMA II: POTENCIAL DE MEMBRANA O POTENCIAL DE ACCIÓN

- **CONCEPTO DE POTENCIAL DE MEMBRANA O DE ACCIÓN**
- BASES IÓNICAS DEL POTENCIAL DE REPOSO
- CONCEPTO DE POTENCIAL DE ACCIÓN BASES IÓNICAS
- **LEY DEL TODO O NADA**
- BASES IÓNICAS
- CONDUCCIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO

### A. CONCEPTO DE POTENCIAL DE MEMBRANA O DE ACCIÓN

Aquí se describe la llamada **Teoría de Singer y Nicolson** (1972) o Teoría del mosaico fluido.

La membrana está formada por una bicapa lipídica, por proteínas periféricas en la parte interna y externa y por proteínas integrales que atraviesan de punta a punta la membrana, son los llamados canales por donde pasan los iones. Esos canales pueden estar en estados diferentes, abiertos o cerrados.

Se ha medido la composición que tiene el líquido extracelular e intracelular y se ha averiguado que es diferente

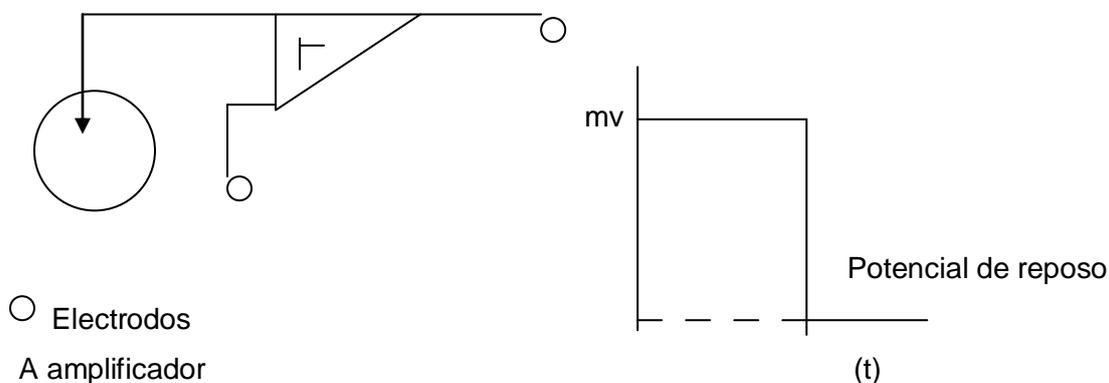
### B. BASES IÓNICAS DEL POTENCIAL DE REPOSO

#### CONCENTRACIONES PARA DIFERENTES IONES

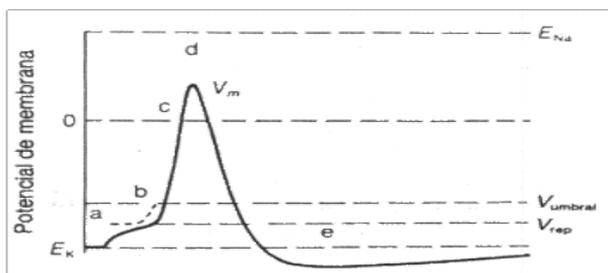
IONES	INTRACELULAR	EXTRACELULAR
Na +	14 mM	142 mM
K -	140 mM	4 mM
Cl -	4 mM	120 mM
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (bicarbonato)	10 mM	25 mM
H <sup>+</sup> (hidrogeniones)	100 mM	40 mM
Mg <sup>2+</sup>	30 mM	15 mM
Ca <sup>2+</sup>	1 mM	18 mM

Cuando una célula está en reposo (no estimulada ni excitada) los canales de potasio están abiertos, el potasio tenderá a salir hacia el exterior (iones de K), son cargas positivas por tanto el interior celular será negativo respecto al exterior celular

#### POTENCIAL DE REPOSO. BASES IÓNICAS



Todas las células tienen potencial de reposo (hepatocito) en base a una diferencia iónica dentro y fuera de la célula, pero no todas tienen capacidad de desarrollar potenciales de acción.



Las células excitables (neuronas) poseen un potencial de reposo muy estable (entre -60 y -100 mV). En las células no excitables, el potencial de reposo es menos estable, pueden haber oscilaciones entre (-40 y -60 mV), está más despolarizado.

También se puede medir mediante la **Ecuación de Goldman**

**Ecuación de Nernst.** Ecuación de Goldman reducida a un solo ión.

R = Constante general de los gases

T = Temperatura en grados kelvin

Z = valencia

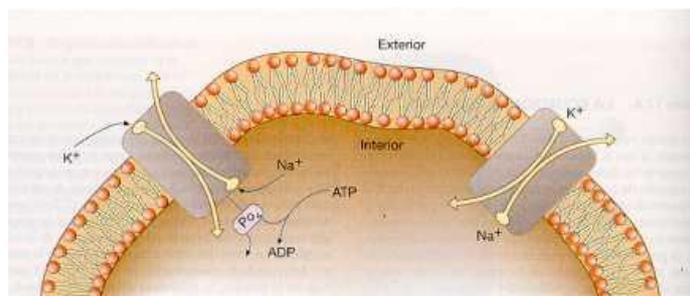
F = constante de Farada

E = poder de equilibrio (calculado el potencial de Nernst es más aproximado el reposo de esa célula)

El potencial de reposo se debe principalmente a la permeabilidad a otros iones.

La contracción sincronizada de todas las células que están acopladas eléctricamente constituyendo el tejido cardíaco, genera la contracción sincrónica de cada una de las cámaras del corazón.

La contracción de cada célula está asociada a un potencial de acción.



Hay que tener en cuenta:

- Colocar un electrodo en el interior de la célula y otro en el exterior
- El potencial de reposo siempre es negativo.  $-80$  mv.
- El interior celular siempre es negativo
- La permeabilidad más importante durante el potencial de reposo es la de potasio
- También participan pero con muchísima menor permeabilidad otros iones como el sodio,
- También participan la bomba sodiopotásica electrogénica, intercambia iones, 3 moléculas de Na, por 2 moléculas de K, por cada molécula de ATP hidrolizada. De esta manera ese poquito sodio que se había perdido es devuelto al interior de la célula

### **C. CONCEPTO DE POTENCIAL DE ACCIÓN BASES IÓNICAS**

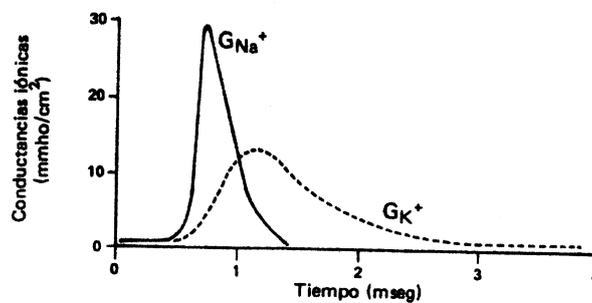
Todas las células poseen potencial de reposo pero no todas son capaces de generar un potencial de acción. Las células excitables que generan potenciales de acción son:

- **Neuronas.** Células nerviosas
- **Células musculares.** Músculo liso (vísceras internas, útero, uréteres e intestino), músculo estriado (músculo esquelético y del corazón)

- **Célelas sensoriales.** Preceptores de la vista y del oído
- Células secretoras. Glándulas salivares, parotida
- Células **relacionadas con el sistema Endocrino.** Adenohipófisis, islote de Langerhans (insulina)

El hepatocito no requiere un potencial de acción. Las células las podemos estimular de forma:

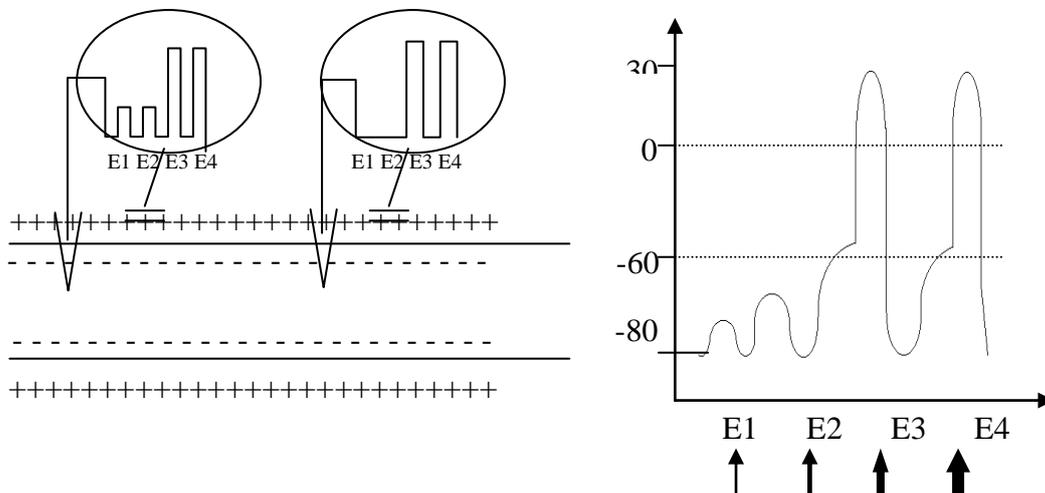
- **Mecánica.** Punzón
- **Química.** Con un neurotransmisor
- **Eléctrica.** Es la más parecida a la fisiología y mide exactamente la intensidad del estímulo que estamos aplicando a esa célula.



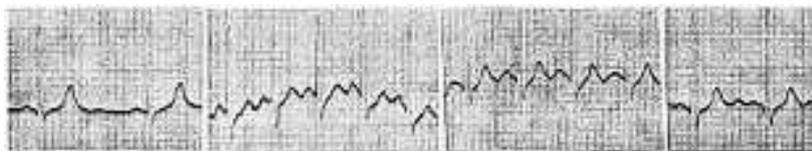
Conductancia del sodio y del potasio en función de tiempo

El potencial de acción de la fibra nerviosa dura de alrededor de unos 2 mseg, en la fibra muscular esquelética también son excitables, es similar al potencial reacción pero tienen mayor amplitud 5 mseg.

El potencial de acción en la fibra muscular cardiaca tiene características distintas, posee una gran meseta y su amplitud es mucho mayor 200 mseg.



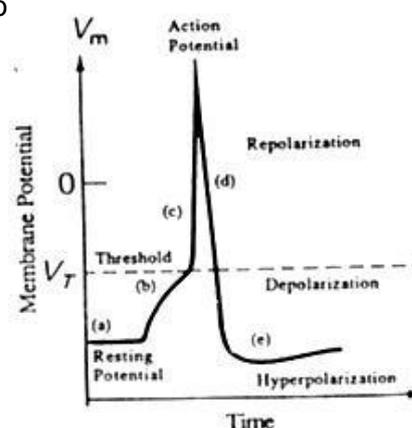
El potencial de acción se caracteriza porque existe una inversión de la polaridad, el interior celular negativo pasa a positivo en el momento en que el potencial de acción pasa por ahí. El potencial de acción no es decremencial, no disminuye durante su traslado, es mantenido.



#### D. LEY DEL TODO O NADA

El potencial de acción responde a la ley de todo o nada, el potencial para que tenga lugar necesita de un estímulo liminal que llegue al punto crítico de dispara de esa célula.

- Despolarización lenta. -70 mv hasta -55 mv
- Despolarización rápida. - 55 mV hasta +35 mV.
- Repolarización rápida. + 35 mv 2/3 del descenso
- Repolarización lenta (hasta - 70 mV)
- Hiperpolarización. -70 mV hasta - 75 mV.



El potencial de acción se produce o no siendo igual. No se produce si el estímulo no alcanza el punto crítico de la célula, y si se supera si que hay potencial. La ley se cumple para fibras aisladas, para una fibra única, pero no se cumple cuando existen múltiples fibras nerviosas (axones)

#### E. BASES IÓNICAS

En 1954, dos investigadores llamados Hodgkin y Huuxley midieron las corrientes iónicas que suceden durante el potencial de acción.

Las bases iónicas son:

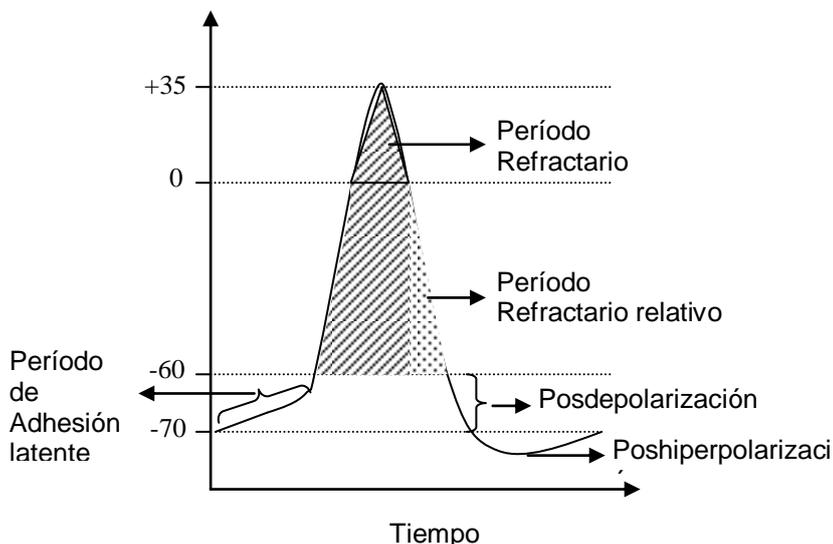
- Permeabilidad al sodio y al potasio
- Despolarización al sodio y al potasio
- Repolarización al sodio y al potasio

Se observan cambios de conductancia para el Na y el K durante el potencial de acción. Durante la despolarización y repolarización midieron la conductancia.

El potencial de acción en su fase de **despolarización** existe un aumento de la permeabilidad del Na (hay más Na fuera por eso entra), es básicamente en la neurona, fibra muscular. En el caso de la producción de insulina aumentará la permeabilidad del calcio.

La **repolarización** es debida a un aumento del  $p_k$ , siempre debido a la conductancia al K (salida del K). Además pueden aparecer otros iones que estudian morfologías un poco distintas.

El **potencial de equilibrio** para el sodio se puede calcular utilizando la ecuación de Goldman, para la medida exacta lo mejor es el registro intracelular.



La bomba sodiopotásica electrogénica también participa porque tiene la capacidad de devolver a su sitio los iones

## E. CONDUCCIÓN DEL IMPULSO NERVIOSO

### ✚ PERÍODOS REFRACTARIOS

Supone una situación de inexcitabilidad de la membrana cuando una célula acaba de ser estimulada y acaba de generar un potencial de acción, el potencial de acción inmediatamente no puede generar otro.

- **Absoluto:** período de tiempo inmediatamente después de un potencial de acción en donde no hay respuesta independientemente de la intensidad del estímulo que se le aplique.
- **Relativo:** período de tiempo después del período absoluto en donde si que hay respuesta pero sólo si se le aplica una intensidad de estímulo por encima del umbral de excitación de la célula

## ✚ TEORÍA DE LOS CIRCUITOS LOCALES O TEORIA DEL POZO O FUENTE

Por el hecho de existir cargas positivas al lado de negativas se generan unas corrientes locales que van desde el positivo al negativo, esa corriente va a ser la que va a ir desplazando la zona vecina. No se puede volver hacia atrás porque está el período refractario absoluto.

Existen dos tipos de células nerviosas:

- Neuronas mielínicas
- Neuronas no mielínicas

La conducción del impulso nervioso es diferente para cada una de ellas. La conducción nerviosa en las **fibras mielínicas** es una transmisión rápida, por término medio tienen unas 20  $\mu\text{m}$  de diámetro con una velocidad de conducción de unos 100 m/sg.

El potencial de acción es enviado mediante la **Teoría saltatoria**, lo que hace esa despolarización es que va saltando de nodo de Ranvier en nodo.

La **transmisión sin mielina** es lenta por término medio de 0,5  $\mu\text{m}$  de diámetro y la velocidad de conducción de alrededor de 0,5 m/sg, la transmisión se va produciendo en toda la zona de axón.

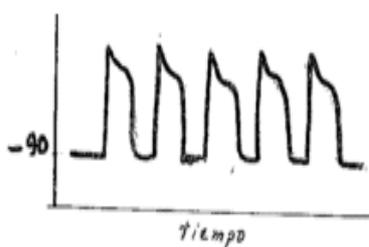


Fig. 3 Despolarización rápida en espiga

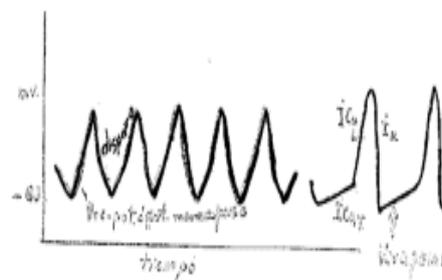
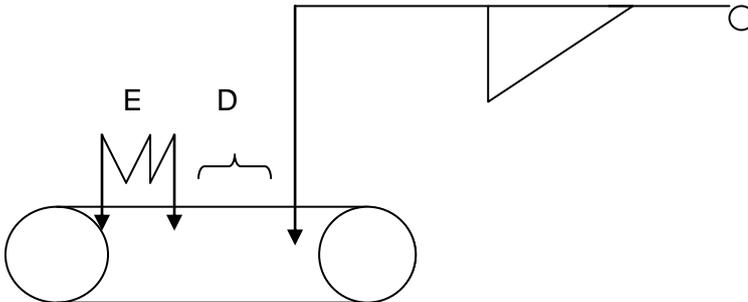


Fig. 4 Despolarización Lenta

La transmisión del impulso nervioso saltatorio de las células con mielina es más económica energéticamente para el organismo. Una molécula de ATP intercambia 3 de Na y 2 de K.

La **velocidad de conducción** se mide conociendo 2 parámetros.

- La distancia entre el estimulador y el registrador
- Potencia (tiempo transcurrido entre el encendido de Eshm y el inicio del potencial de acción)



### **Factores que condicionan la velocidad de conducción**

- **El diámetro de la fibra.** A mayor diámetro, mayor velocidad de conducción. Existe una relación entre el incremento del diámetro y el incremento de la velocidad de conducción.
- **La temperatura.** La velocidad de conducción se eleva progresivamente al elevar la temperatura, desde 5°C hasta 40°C, a partir de los 40°C se estabiliza.

Si se superan los 45°C hay un bloqueo de la conducción nerviosa y como consecuencia la muerte, por eso es tan importante controlar la temperatura del organismo. Una fiebre que supere los 40°C se debe bajar porque podría causar daños irreversibles en el sistema nervioso.

- **La edad de la fibra.** La velocidad de la fibra es mayor en función de la edad y se detiene manteniendo una velocidad fija cuando se llega a la pubertad.