

PRACTICA N. 3 POTENCIAL DE ACCIÓN COMPUESTO

INTRODUCCIÓN

El potencial de acción se define como la transmisión de información que se produce entre las membranas celulares, de unas células a otras. El potencial de acción sólo aparece en determinados tipos de células, que son las neuronas, las fibras musculares y las células secretoras.

Más específicamente, el potencial de acción es un cambio brusco del potencial de membrana con una fase de despolarización seguida de una repolarización rápida, que obedece a la ley del todo o nada y que es capaz de propagarse de unas células a otras.

*

2 3 *

1

* 4

* *

1.- Fase de reposo.

2.- Despolarización.

3.- Repolarización.

4.- Hiperpolarización.

El sistema nervioso recibe exclusivamente para ejecutar acciones los potenciales de acción, y no intensidades, sino las **frecuencias** de éstos.

Fases del potencial de acción.

a). Fase de reposo.

Es la fase previa al potencial de acción. La membrana tiene un valor normal, llamado potencial de reposo.

b). Etapa de despolarización.

El potencial de la membrana cambia hacia valores positivos, debido a la entrada brusca de iones Na^+ al interior de la célula. Este ión va a buscar adoptar su potencial de difusión específico, y, aunque normalmente no va a llegar a él, se quedará muy cerca. Ese valor será su potencial de equilibrio.

c). Etapa de repolarización.

El potencial de la membrana vuelve a cambiar hacia valores normales, al detenerse la entrada de Na^+ y comenzar la salida de iones K^+ al exterior celular. El cambio de potencial ha producido que ahora haya más Na^+ en el interior y más K^+ en el exterior de la célula. Las Bombas de Na^+-K^+ llevan a la célula de nuevo al

equilibrio, sacando Na^+ e introduciendo K^+ .

- **Valores del potencial de acción.**

- Neuronas: 0,5 – 2 milisegundos.
- Músculo esquelético: 1 – 5 milisegundos.
- Músculo cardíaco: 100 – 300 milisegundos.

Mecanismo del potencial de acción.

Para empezar a estudiar el funcionamiento del potencial de acción debemos tener muy en cuenta que existen canales específicos de salida y entrada tanto para el Na^+ como para el K^+ . Son canales **dependientes de voltaje**.

A). Canal de Sodio.

Poseen dos compuertas:

- ♦ Una exterior, de activación (M)
- ♦ Una interior, de inhibición (H)

- Proceso de funcionamiento.

- a). **Estado de reposo.** El canal está cerrado, dado que la compuerta M está cerrada. Mientras, la compuerta H está abierta.
- b). **Estado de activación.** Cuando el voltaje llega al **potencial umbral (-50/-60 mv)**, la compuerta M se abre rapidísimo y la H se cierra lentamente. En conjunto, el canal de sodio está abierto durante un pequeño instante, entrando iones de Na^+ al interior.
- c). **Estado de inactivación.** El Na^+ no puede entrar. Esta etapa termina cuando el potencial de membrana llega a los valores del estado de reposo. La compuerta M está cerrada y la H abierta.

B). Canal de potasio.

Se encuentra formado sólo por una compuerta, y es una canal activado por voltaje, que se abrirá con un potencial de más o menos -50/-60 milivoltios.

El funcionamiento es parecido al del canal de sodio. La compuerta se abrirá y responderá muy lentamente, cerrándose muy lentamente. Durante el período que está abierta esta compuerta sale K^+ al exterior. Esta fase coincide con el período de **repolarización**. La compuerta se cerrará al llegar al potencial de membrana, con cierto retraso respecto a su llegada.

Características del potencial de acción.

- a). Es disparado por una **despolarización**.
- b). La despolarización ha de alcanzar un **nivel umbral** para que se produzca el potencial de acción. Este umbral se da cuando la entrada de sodio supere a la salida de potasio, llevando el potencial hasta niveles más negativos.
- c). Los potenciales de acción son respuestas **todo o nada**, ya que una vez que se llega a un determinado nivel

ya no hay vuelta atrás y el potencial de acción se disparará, dado que una vez que se abra una canal de Na^+ se abren todos, entrando éste y repartiendo el impulso por toda la membrana.

d). El potencial de acción, en su cúspide, se hace positivo, cambiando de signo el potencial de la membrana.

e). Tras un potencial de acción, existe un **período refractario absoluto** (se produce por acción de la compuerta de inactivación del canal de Na^+), durante el cual es imposible disparar otro potencial de acción. El potencial refractario absoluto dura alrededor de 0,4 milisegundos. El **potencial refractario relativo** (que dura algo menos) sí tiene posibilidad de producir otro potencial de acción, pero dando estímulos superiores. Se produce como respuesta al comportamiento lento del canal de K^+ .

OBJETIVOS

- Análisis del Grafico del potencial de acción
- Demostrar la ley de todo o nada
- Demostrar la Relación Reciproca entre la intensidad y la duración del estímulo, como parámetros para activar el PA
- Determinar los parámetros de excitabilidad de una fibra nerviosa
- Evaluar los efectos que producen la modificación de las concentraciones extracelulares de Na^+ y K^+ sobre EM, EK+, ENa+
- Analizar el Efecto de la administración de TTX y TEA sobre las conductancias de Na^+ y W K y los cambios de voltaje
- Demostrar el Fenómeno de la Facilitación
- Demostrar la presencia del periodo refractario y sus características
- Analizar el Grafico de propagación del potencial de acción
- Realizar el Efecto de algunos Factores que influyen en la velocidad de propagación del PA

- Diámetro de sección transversal del axon
- Temperatura

MATERIAL

- Programa de Computo Electrónico

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

MANIOBRA # 1

- Se inserto los Gráficos de las conductancias de sodio y de potasio después se corrió la simulación muestra del programa del potencial de acción

RESULTADOS

En esta primer maniobra se observo la representación del estímulo, como la escala de tiempo y voltaje el valor de EM, EK, y ENa, la fase del potencial de acción, la correlación temporal de las conductancias iónicas con los cambios de voltaje.

MANIOBRA # 2

- Se aplico estímulos en los que se incremento la intensidad, pero manteniendo constante la duración de 0.5 mseg la duración fue de 10,13,5,20 y 50

RESULTADOS

En este caso se demostró la ley de todo o nada y se obtiene como resultado que en el valor de 10 no ocurrió nada, sino a partir del 13.5 se efectuó el umbral y subió es decir fue todo.

MANIOBRA # 3

- Se estimulo en el programa electrónico:

Amplitud___13.5ua

Duración___0.5mseg

Amplitud___4.6ua

Duración___Mínima para Generar PA

RESULTADOS

CURVA DE EXCITABILIDAD

MANIOBRA # 4

- Se corrió la simulación y se modifico la concentración de K⁺ extracelular de 10 a 200 Mmol/l
- Después se Restauro las concentraciones de K⁺ y se disminuyo la concentración de 440 a 10 Mmol/l

RESULTADOS

	Incremento de [] de K ⁺ Extracelular	Disminucion de [] de Na ⁺ Extracelular
Em	-16.2mv	-89.8
EK ⁺	44.1	-90.7
ENa ⁺	-18.0	-46.3

MANIOBRA # 5

- Se corrió la Simulación muestra con 100nM de tetrodoxina (ttx) y con 100nM de Tetraetilamonio (tea)

RESULTADOS

	TETRODOXINA	TETRAETILAMONIO
Em		
EK ⁺		
ENa		
Voltaje		

MANIOBRA # 6

- Se corrió la simulación con una intensidad de 5ua con una duración de 1.0 mseg y con una duración total del trazo de 15 mseg

- Después se modifico el intervalo de tiempo entre el primer y el segundo estímulo con valores de 3.2 y 1 mseg

RESULTADOS

Se determino el parámetro del protocolo de estimulación que se modifica: ***el intervalo de tiempo entre uno y otro estímulo***

Se determino el intervalo de tiempo mínimo en que el segundo estímulo provoca generación de potencial de acción: **1.35**

Después se comparo los cambios de voltaje al aplicar estímulos pareados con intervalos de 3 y 1 mseg: ***el intervalo de 2 mseg, sube al segundo estímulo y al dar dos estímulos subumbrales si se suman dan un potencial de acción***

MANIOBRA # 7

- Se corrió la simulación muestra con estímulos pareados supraumbrales a una intensidad de 15ua, una duración de 1 mseg, duración total del trazo 50 mseg, habiendo un intervalo entre los estímulos de 10 mseg
- después se modifico el el intervalo entre estímulos de 10 a 50 mseg
- continuando aplicando estímulos pareados con intervalos de tiempo de 10 y 5 mseg

RESULTADOS

Al modificar intervalos entre estímulo y estímulo de 10 a 5 mseg se inactivan los canales de sodio y no puede haber otro potencial de acción.

Se identifico el periodo refractario relativo con fases en el potencial de acción en donde no se pueden sumar un segundo estímulo mayor en que el umbral 50.10 mseg (cerrado)

Se identifico el periodo refractario absoluto abarcando desde la despolarización e indicando las fases del potencial, debido a ciertas características de la membrana (canales) 2.8mseg (en activo).

La maniobra mediante la cual se demuestra la presencia del periodo refractario absoluto, es que el intervalo debe disminuir para que haya hiperpolarización del primer estímulo y otra mayor intensidad para otro estímulo. En 45 hay otro estímulo en 8 mseg. Aquí los estímulos no se pueden sumar para generar un potencial de acción.

MANIOBRA # 8

1.- se corrió la simulación muestra del programa, con una propagación del potencial de acción v versus t .

RESULTADOS

MANIOBRA # 9

- 1.- Se incertaron los graficos de las corrientes iónicas de sodio y potasio.
- 2.- Después se corrió la simulación muestra, propagación del potencial de acción u versus x .

RESULTADOS

MANIOBRA # 10

1.- Se modificó el diámetro del axon con propagación del potencial de acción v versus x con una intensidad de 20 μA , una duración de 1.0 msec con la duración total del trazo de 30 msec el diámetro de axon fue de 50 micras y después se fue aumentando a 300 μA .

RESULTADOS

Se determinó la velocidad de propagación:

- Cuando el diámetro del axon fue de 50 micras duró 7.68 msec en 20 mm aproximadamente esto es igual $d/t = 2.6041666 \text{ mm/seg}$.
- Cuando el diámetro de axon fue de 300 micras no se alcanzó a apreciar el caso del estímulo eléctrico.

MANIOBRA # 10 (SEGUNDA PARTE)

Efecto de la temperatura con la propagación del potencial de acción v versus x con una intensidad de 15 μA con una duración de 1.0 msec y la duración total del trazo de 30.0 msec, el diámetro del axon fue de 200 micras a la temperatura de 1 grado centígrado y se modificó hasta los 20 grados centígrados

RESULTADOS

Se determinó la velocidad de la propagación

- Cuando la temperatura fue de 1 grado centígrado la transmisión del impulso eléctrico en el axon es verdaderamente lento. En 1 grado el punto a llegó al punto b en 1.4 msec.
- Cuando la temperatura fue de 20 grados centígrados

BIBLIOGRAFÍAS

- Guyton M.D Arthur C

Tratado de Fisiología Médica

Ed. Interamericana

9na Edición

- Yves Ruckembush, DMV

Fisiología De Pequeñas y Grandes Especies

Ed. El manual Moderno

- Gannon William F.

Fisiología Médica

Ed. El Manual Moderno

Amplitud ____ 2.3 μA

Duración___incrementar

DURACIÓN

Tiempo en Mseg

Intensidad del

Estimulo

VOLTAJE