



# El Efecto del Potasio en el Direccionamiento del Impulso Nervioso en las Células Motoras

## The effect of potassium in addressing the nerve impulses in the motor cells

A.A. Venegas S<sup>1</sup>, A. E. Jara<sup>1</sup>, J. K. Rodríguez A<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Proyectos curriculares de Licenciatura en Biología y Física.

<sup>2</sup>Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Grupo de Instrumentación Científica & Didáctica (GICD).

<sup>3</sup>Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Grupo de Estudio de Óptica

Recibido 22 de oct. 2007; Aceptado 2 de sept. 2009; Publicado en línea 30 de oct. 2009

### Resumen

En el presente trabajo generamos un modelo basado en el circuito de Fitzhugh-Scott-Nagamuno para membranas celulares, asumiendo canales iónicos dependientes de voltaje, y en especial el papel del Ion Potasio como regulador de voltaje y corriente en un impulso nervioso. Se propone la especificidad de estos iones en las células motoras y su papel como un diodo Zener, ya que nos permite el paso del impulso nervioso en una sola dirección y adicionalmente el funcionamiento de la célula, en unos rangos de potencial específicos, dando la posibilidad de un corto circuito para potenciales distintos a los descritos en la literatura. Asimismo se explica el papel del potasio desde un punto de vista biofísico y su relación eléctrica con el sistema célula.

**Palabras claves:** Potenciales de Acción, Biofísica.

### Abstract

In the present paper we generated a model based on the circuit of Fitzhugh-Scott-Nagamuno for cellular membranes, assuming dependent ionic channels of voltage, in special the Ion Potassium as voltage regulator and current in a nervous impulse. The specificity of these ions in the motor cells and their function like a Zener diode sets out, since it additionally allows to the passage of the nervous impulse in a single direction and the operation us of the cell, in specific ranks of potential, giving the possibility of a short circuit for potentials different from the described ones in Literature. Also the paper of potassium is explained from a biophysic point of view and its electrical relation with the system cell.

**Keywords:** Potentials of Action, Biophysics.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

## 1. Introducción

El potasio es un ion que posee algunas particularidades estructurales, eléctricas y de difusión a través de una membrana. Por su carga eléctrica genera un campo eléctrico a nivel celular, específicamente en las células motoras y axones; este se dirige desde el interior de la membrana celular hacia el exterior, debido, a su concentración externa que equivale a 20 mmol/l y a su concentración interna que es de aproximadamente de 200 mmol/l[1].

Con estos valores y realizando unos cálculos matemáticos que implican hacer la conversión de molaridad a carga utilizando los principios de Avógrado y además, teniendo en cuenta el volumen promedio de un axón humano, tenemos que en el interior de la membrana celular hay una carga próxima a los 25 C y en su exterior una carga de 5 C.

Entre tanto, al generarse un potencial de acción, en las células motoras ocurre una primera despolarización celular

ocasionada por el flujo iónico del sodio, posteriormente sucede una repolarización debida a un flujo de salida de potasio [3].

## 2. Metodología experimental

Relacionando lo anterior, se encuentra que el potencial de equilibrio es de -68 mV para la célula, luego se presenta un flujo de  $\text{Na}^+$  hacia el interior por lo cual el potencial alcanzado es de 56 mV, en consecuencia, se origina un equilibrio en el potencial eléctrico para el ion Sodio, pues se halla en su potencial de Nerts. Adicionalmente, se genera una repolarización que disminuye el potencial a valores cercanos al potencial de equilibrio del Potasio, -75 mV, de esta manera, el axón, posee un potencial inferior al de quiescencia. Estos cumplen los postulados de Nerst Plank y los principios de Hodgking-Huxley, Goldmann y Katz, desencadenando como efecto un equilibrio en la membrana celular que está ligado a los principios de equilibrio osmótico de Donnan Gibbs[2]. Con lo cual, el proceso del potencial de acción se estará dando en una primera salida de sodio de la membrana celular, hasta alcanzar un máximo de aproximadamente 56 mV.

Este proceso anteriormente mencionado, corresponde al potencial de acción generado sobre un Nódulo de Ranvier, que en este caso se denomina Nódulo 1, figura (1), estableciendo que este proceso es una función del tiempo y de la distancia, por tanto, al generarse la despolarización en NR<sub>1</sub> cambiará el potencial en su entorno, por ende, se despolarizará la sección siguiente.

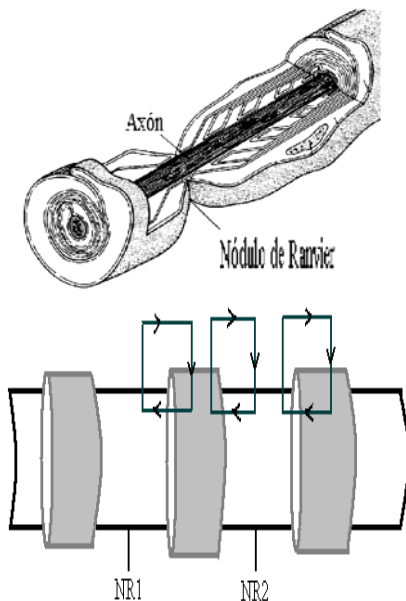


Fig.1. Esquema del axón. Se puede observar el Nódulo de Ranvier 1 NR<sub>1</sub>, el axón y la vaina de mielina.

De esta forma, el potencial de acción se desplazara a lo largo del axón, por consiguiente tiene una dirección única e irreversible, esto debido a que se comporta como un Diodo. Esto se relaciona con el modelo de “Diodo Túnel” caracterizado por poseer dos regiones cargadas opuestamente, y separadas por una región neutra muy estrecha tal como ocurre en la membrana celular del axón en la región del Nódulo de Ranvier, adecuando el paso o tonelaje que opone esta barrera energética al paso de las cargas representadas en los iones. De esta forma, se postula lo siguiente:

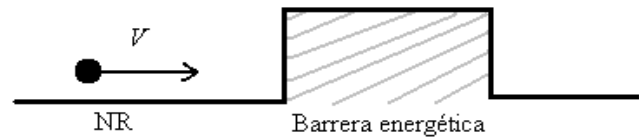


Fig.2. Una partícula iónica que se desplaza a través del Nódulo de Ranvier.

Una partícula iónica que se desplaza a través del Nódulo de Ranvier, llega a una barrera energética, de características lípidicas, con lo cual ---- y se trasmite hacia el nódulo siguiente, el coeficiente de transmisión definido por

$$T \cong e^{-2KL} \quad (1)$$

Siendo  $L$  la longitud característica del nódulo de Ranvier, en donde el coeficiente de transmisión es muy alto, debido a que la barrera energética es muy pequeña. Mientras el coeficiente de reflexión que se debe al potencial del potasio es muy pequeño.

Los valores tenidos en consideración son los siguientes:

$$K = \sqrt{\frac{2m(V - E)}{\hbar}} \quad (2)$$

El diodo Zener, se caracteriza por ser uno de los tipos especiales de diodo, que se diferencia en su funcionamiento a otros diodos comunes, como lo es el diodo rectificador en donde se aprovecha su carácter de polarizador directo y polarizador inverso, en el diodo Zener siempre se utiliza en polarización inversa.

En este caso la corriente circula en contra de la flecha que representa el mismo diodo. Si el diodo Zener se polariza en sentido directo, entonces se comporta como un diodo rectificador común. Funcionando de esta forma, mantiene entre sus terminales una tensión de valor constante ( $V_z$ ).

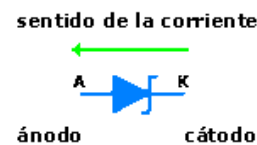
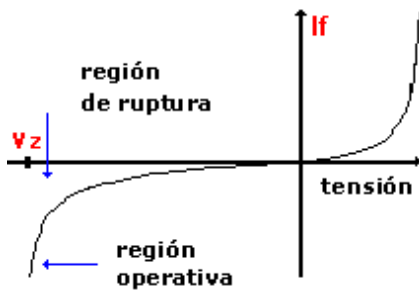


Fig.3. Diodo Zener (A=ánodo, K=cátodo) y el sentido de la corriente



[4] Biophysics, Russell K. Hobbie, Chapter six “Electrical properties of nerves” P 159-180, 1995.

**Fig.4** Observando la curva del diodo Zener se ve, que en el lugar donde se marca como región operativa, la corriente puede variar en un amplio margen, pero la tensión ( $V_z$ ) varía muy poco [2].

En este caso se analizará el diodo Zener, no como un elemento ideal, si no como un elemento real y se debe tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso si existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor. La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador. Un regulador con diodo Zener ideal mantiene una tensión fija predeterminado a su salida, sin importar las variaciones de tensión en la fuentes de alimentación y/o en la carga. En las fuentes de voltaje ideales (algunas utilizan, entre otros elementos el diodo Zener), el voltaje de salida no varía conforme varía la carga. Pero las fuentes no son ideales y lo normal es que la tensión de salida disminuya conforme la carga va aumentando, o sea conforme la demanda de corriente de la carga aumente.

#### 4. Análisis de Resultados

Teniendo en cuenta que un axon, un impulso viaja mas rápido cuando existe las capas de mielina mientras que por los Nódulos de Ranvier, se hace un poco mas lento un impulso. Cuando los canales de potasio son abiertos en estos nódulos y el axoplasma esta dependiendo de los canales abiertos, la membrana se convierte en un excelente rectificador, dejando pasar  $Na$  hacia el interior y un  $Im_s$  después dejando salir  $K$  por concentración, pero es en este mismo instante donde los Nódulos de Ranvier se transforman en reguladores y manteniendo las concentraciones de  $Na$  y  $K$  constantes utilizando el principio de polarizador inverso[4], al igual que actúan los diodos Zener, dentro de una fuente de tensión.

#### Referencias

- [1] Biofísica, M. V. Volkenshtien, Volumen 1 cuarta edición, Editorial MIR, P 387-415, 1985.
- [2] Introduction to Biomedical Engineering, J. Enderle, S. Blanchard, J. Bronzino, Editorial Academic Press, P 115-137, 1995.
- [3] Biofísica, Antonio S. Frumento, Editorial Inter-medica, P 318-360. 1972.