



LA MORFOLOGÍA DIFERENCIAL DE LAS NEURONAS PIRAMIDALES

Marina Dorantes Velasco^a, María Eugenia Pérez Bonilla^a,
Yunuen Castro Reyes^a, Arturo Reyes Lazalde^a

^aBiología-BUAP, Puebla, Pue., maru.dove05@gmail.com, bonillaeugenia@gmail.com,
yunuenreyescastro@gmail.com, arturoreyeslazalde@gmail.com

RESUMEN

Las neuronas piramidales son las células especializadas más abundantes del cerebro humano, se estima que representan del 70 a 80% de la población neuronal total. Se localizan en la corteza cerebral, en cinco de las seis capas corticales (II – VI); así como en algunas estructuras subcorticales, como el giro cingular, hipocampo y amígdala. Fisiológicamente, todas las piramidales actúan como neuronas excitatorias de tipo glutamatérgico; pero morfológicamente son muy heterogéneas, se distinguen subpoblaciones muy diversas, que muestran variaciones considerables entre las diferentes capas corticales, las áreas cerebrales y estructuras subcorticales. Con el objetivo de motivar la revisión de literatura científica en inglés, se propuso la integración de un manual visual del tema, en el contexto del curso optativo “Modelos Celulares Experimentales”. Para mostrar las diferencias morfológicas, se realizó la búsqueda de artículos científicos, esquemas, dibujos y reconstrucciones computacionales, disponibles gratuitamente en internet. Las imágenes seleccionadas se editaron con el programa Paint® y se integraron en un archivo de Word®. Como resultado se obtuvo la primera versión de un manual visual, en idioma español, en blanco y negro, dirigido a los estudiantes de licenciatura interesados en el aprendizaje del tema. Se evidencian las diferencias básicas de tamaño, regionalización estructural, proyección axonal, orientación e intercomunicación celular, así como las características de sus diferentes segmentos: espinas sinápticas, mechón dendrítico, tallo dendrítico apical, soma, árbol dendrítico basal, segmento inicial del axón, axón principal, ramas colaterales y botones terminales o sinápticos. Las imágenes facilitan la identificación de las neuronas piramidales corticales, así como de las diferentes áreas y estructuras subcorticales.

1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento epidemiológico de la población depende de múltiples variables biopsicosociales. La herencia genética, trastornos perinatales, envejecimiento, contaminación ambiental, toxicomanías, sustancias psicoactivas, entre otros muchos factores, han provocado el incremento significativo de trastornos del neurodesarrollo, enfermedades crónicas neurodegenerativas, trastornos neuropsiquiátricos, mentales y psicológicos, que demandan de atención neuropsiquiátrica en los diferentes niveles de atención médica (Peña-Casanova, 2007). Por las razones mencionadas, en los últimos años se ha registrado un número creciente de reportes de estudios morfométricos cuantitativos de las neuronas de la corteza cerebral humana y estructuras subcorticales, ya que el conocimiento de la morfofisiología normal de las neuronas piramidales, permite la realización de investigaciones comparativas que puedan dilucidar las bases morfofisiopatológicas de los trastornos neuropsiquiátricos.



El cerebro humano

El cerebro es el órgano principal del sistema nervioso central, el de mayor complejidad morfofuncional del cuerpo humano, altamente desarrollado, con una organización estructural dinámica, frágil, de características únicas, responsable de todas las acciones conscientes, subconscientes e inconscientes (motoras, sensoriales, cognitivas, mentales y emocionales), en consecuencia es el órgano más desconocido. El cerebro del humano adulto pesa alrededor de 1,300 gramos, lo que representa el 1.85% del peso corporal total; cuya organización en repliegues le confiere una amplia superficie tisular, constituido por células nerviosas, conocidas genéricamente como neuronas. Las células neuronales de la corteza cerebral se distribuyen en matrices ordenadas que forman capas horizontales y columnas verticales, organización clave para el procesamiento diferencial de las áreas cerebrales (Marín-Padilla, 2012).

Las neuronas piramidales

Se consideran como neuronas piramidales a las células nerviosas cuyos cuerpos celulares o somas presentan la forma de una pirámide triangular, única coincidencia entre ellas; ya que el resto de sus componentes celulares son altamente variables, subclasificándose en numerosas subpoblaciones de acuerdo a diversos parámetros morfofuncionales.

El propósito de este trabajo fue elaborar un manual, con el objetivo general de evidenciar las diferencias morfológicas básicas entre las neuronas piramidales corticales, las de las áreas cerebrales y de las neuronas subcorticales, mediante imágenes didácticas que faciliten la comprensión de la información textual. Se consideraron seis tipos de diferencias morfológicas neuronales básicas: de tamaño, regionalización estructural, proyección axonal, orientación, intercomunicación celular; así como las características particulares de diecisiete de sus componentes subcelulares.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la búsqueda de artículos científicos, esquemas, dibujos y reconstrucciones computacionales bi- y tridimensionales, disponibles gratuitamente en internet. Las imágenes seleccionadas se editaron con el programa Paint® y se integraron en un archivo de Word®, a manera de manual de tamaño carta. Se revisaron más de un centenar de artículos científicos, cuyas referencias se incluyeron en la bibliografía del manual y los archivos PDF correspondientes se almacenaron en un dispositivo USB.

3. RESULTADOS

Como resultado se obtuvo la primera versión de un manual sobre la morfofisiología normal de las neuronas piramidales del cerebro humano, que consta de cien páginas, en este trabajo solo se presenta la información relacionada con el aspecto morfológico, conocimiento clave para comprender las cuestiones fisiológicas y fisiopatológicas.

Neuronas piramidales de cerebro humano adulto normal

Con base a su ubicación anatómica, las neuronas piramidales se subclasifican en dos categorías: corticales (situadas en la neocorteza cerebral) y subcorticales: cingulares (de corteza del cíngulo), hipocampales (presentes en el hipocampo), amigdalinas (localizadas en la amígdala). Las características morfológicas de las neuronas piramidales varían entre las diferentes áreas cerebrales, las capas corticales, así como entre los diferentes planos del cerebro.



Neuronas piramidales corticales

En la figura 1 se ilustran las diferencias morfológicas entre las neuronas piramidales de la capa II, III, V y VI de la corteza cerebral sensorial.

Neuronas piramidales subcorticales

Algunos ejemplos de neuronas piramidales subcorticales (de hipocampo y amígdala cerebral) se muestran en la figura 1.

En relación a la diversidad morfológica celular de las neuronas piramidales se abordan seis tipos de diferencias básicas: el tamaño, regionalización estructural, proyección axonal, orientación, intercomunicación celular y la composición subcelular.

Tamaño

Estructuralmente, las neuronas piramidales son células polarizadas, cuya extensión longitudinal es mucho mayor que la transversal. La longitud total, desde el extremo apical hasta los botones sinápticos, puede variar desde 10 μm hasta 90 cms en el caso de las células corticoespinales (llegan hasta la médula espinal). En relación al tamaño, las neuronas piramidales se pueden subcategorizar con base a su extensión total y/o magnitud del cuerpo celular en cuatro grupos: pequeñas, medianas, grandes y gigantes también conocidas como células de Betz.

Regionalización estructural

En la neurona piramidal se pueden reconocer hasta diez regiones anatómicas distintas: penacho o mechón dendrítico, porción distal del tallo dendrítico apical, porción proximal del tallo dendrítico apical, soma, árbol dendrítico basal proximal, árbol dendrítico basal distal, segmento inicial axonal, axón principal, ramas axonales colaterales y botones terminales o sinápticos.

Proyección axonal

De acuerdo a la proyección axonal se distinguen cinco tipos de neuronas: intracorticales, de asociación (corteza homolateral), comisurales (corteza homóloga contralateral: cuerpo caloso), de proyección subcortical [corticoestriadas (cuerpo estriado), cortico- (tallo cerebral), corticotálamicas (tálamo), corticorrubrales (núcleo rojo), corticopontinas (puente), corticobulbares (bulbo raquídeo contralateral)] y medulares [corticoespinales homolaterales (médula espinal homolateral), corticoespinales contralaterales (médula espinal contralateral)].

Orientación

Por su orientación celular (dirección del axón) las neuronas piramidales se clasifican en dos tipos: aferentes o corticópetas (hacia la corteza) y eferentes o corticófugas (desde la corteza).

Intercomunicación celular

Las neuronas piramidales se comunican intercelularmente mediante conexiones sinápticas (axodendríticas, axodendrosomáticas, axoaxónicas y axosomatodendríticas) entre ellas, con otras neuronas no piramidales (células de Cajal-Retzius, neuronas estrelladas), con las interneuronas (células lisas, sin espinas dendríticas y de axón corto, por ejemplo: neuronas en arcadas, de doble bouquet o ramo, en cesta, células de Chandelier o en candelabro, de doble mechón (bitufted), de Martinotti, neurogliaforme o aracniforme); así como con las células gliales.

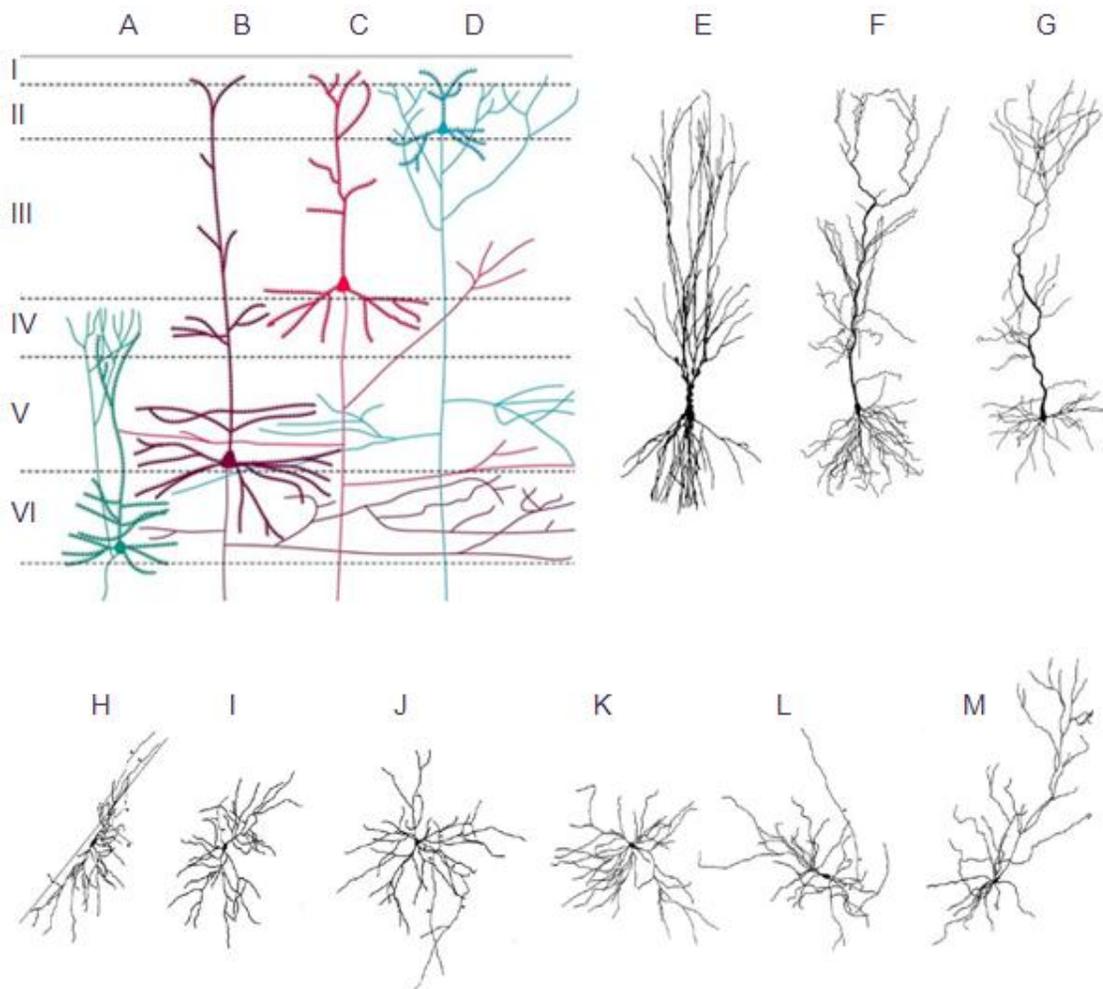


Figura 1. Diversidad morfológica de las neuronas piramidales de cerebro humano adulto. Representación esquemática de trece tipos de neuronas piramidales, a simple vista se pueden apreciar las diferencias morfológicas entre ellas. Para cada caso existen modelos histológicos, celulares y computacionales 2D y 3D que describen a detalle las características propias de cada tipo celular, provenientes de muestras de humanos de diferentes edades, así como de animales de laboratorio (Hill y cols., 2011). A-D: Neuronas piramidales corticales y su ubicación laminar en la corteza cerebral sensorial. I – VI: capas principales de la corteza cerebral. A: Neurona piramidal de la capa VI. B: Neurona piramidal de la capa V. C: Neurona piramidal de la capa III. D: Neurona piramidal de la capa II. En los cuatro ejemplos los axones lucen seccionados (Modificado de Squire y cols., 2012). E-G: Neuronas piramidales hipocámpales. E: neurona del área CA3 del Asta de Ammón. F: neurona del área CA1 del Asta de Ammón. G: neurona del subiculum (Spruton, 2008). H-M: Neuronas piramidales del núcleo basolateral de amígdala cerebral. H: Neurona piramidal multipolar. I: Neurona bipolar. J: Neurona multipolar con axón extendido; K-L: neuronas que poseen un árbol dendrítico apical con ramificaciones cercanas del cuerpo celular. M: neurona con ramificaciones lejanas del soma (Tosevski y cols., 2002).



Composición subcelular

En esta sección se incluyen 17 componentes subcelulares: espinas dendríticas, vaina de mielina, plasmalema, axolema, citoesqueleto (microtúbulos, neurofilamentos y microfilamentos), mitocondrias, complejo de Golgi, retículo endoplásmico liso (cisternas hipolemiales), retículo

endoplásmico rugoso, vesículas de transporte, vesículas sinápticas, inclusiones o gránulos de lípidos y pigmentos (melanina, lipofuscina), polirribosomas (cuerpos de Nissl), citoplasma perinuclear, centriolo, membrana nuclear, núcleo, nucléolo.

4. CONCLUSIONES

La globalización mundial, la velocidad del desarrollo tecnológico, las vías de telecomunicación y las oportunidades de intercambio internacional estudiantil y laboral, requieren de la comunicación y actualización académica, disciplinaria y tecnológica permanente de los profesionistas. Situación que implica la conveniencia de la adquisición de hábitos de lectura y de estudio para facilitar la comprensión, integración de la información y desarrollo de creatividad innovadora en el transcurso de la trayectoria estudiantil de los aspirantes.

A nivel profesional universitario, la elaboración de productos didácticos para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, es una de las estrategias motivadoras para que los alumnos valoren la utilidad de la búsqueda, lectura, escritura y representación visual de la literatura científica publicada en inglés, como actividades indisolublemente ligadas a la apropiación, construcción y comunicación del conocimiento.

En el contexto del curso optativo “Modelos celulares experimentales” se fomentó y promovió la actualización sistemática del tema y el trabajo colaborativo. En el transcurso de 36 sesiones, se logró que los alumnos adoptaran la dinámica de trabajo y elaboraran la primera versión de un manual visual, en idioma español, en blanco y negro, dirigido a los estudiantes de licenciatura del área biomédica, interesados en la enseñanza- aprendizaje de la morfofisiología de las neuronas piramidales de humano, y en consecuencia la comprensión e interés por el tema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hay E, Hill S, Schürmann F, Markram H y Segev I. 2011. Models of neocortical 5b pyramidal cells capturing a wide range of dendritic and perisomatic active properties. *PLoS Comp Biol.* 7(7): 1-18. e1002107. doi:10.1371/journal.pcbi.1002107.
2. Marín-Padilla M. 2012. The mammalian neocortex new pyramidal neuron: a new conception. *Front Neuroanat.* 7: 1-9. doi: 10.3389/fnana.2013.00051.
3. Peña-Casanova J. 2007. In *Neurología de la conducta y neuropsicología*. Cap. 1: “Bases neurobiológicas de las funciones cognitivas: hacia una integración de niveles”. Madrid. Ed. Médica Panamericana. ISBN: 978-84-9835-035-7. 1-25.
4. Spruston N. 2008. Pyramidal neurons: dendritic structure and synaptic integration. *Nat. Rev Neuroscience.* 9(3): 206-221. doi: 10.1038/nrn2286.
5. Squire L, Berg D, Bloom FE, DuLac S, Ghosh A y Spitzer NC (Eds). 2012. In *Fundamental Neuroscience*. Academic Press Inc., EUA.
6. Tosevki J, Malikovic A, Mojsilovic-Petrovic J, Lackovic V, Peulic M, Sazdanovic P y Alexopoulos Ch. 2002. Types of neurons and some dendritic patterns of basolateral amygdala in humans: a Golgi study. *Ann Anat.* 184: 93-103.