

BASES NEUROBIOLÓGICAS DEL COMPORTAMIENTO. ¿ES POSIBLE CAMBIAR A UN SER HUMANO?

Neurobiological basis of behavior. Is it possible to change a human being?

JASON W. RIVEROS-RUIZ ¹

¹Servicio de Neurocirugía. Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión. Lima, Perú

RESUMEN

El conocimiento de las bases neurobiológicas del comportamiento, y, sobre todo, el dominio de las herramientas necesarias para su modificación es fundamental para abordar numerosos tipos de patologías de impacto clínico y social. Fuera del ámbito clínico, el sistema de rehabilitación penitenciario ha sido posiblemente el sistema más dejado de lado en toda la vida republicana en nuestro país, fomentar novedosas alternativas bajo todo el peso de la evidencia científica es un camino claro de progreso para generar así una mejor sociedad, haciendo frente a la incuestionable elevación de la ola delictiva a la que todos encaramos día a día. El moldeamiento de la neurogénesis mediante entornos enriquecidos es una herramienta con resultados prometedores. Las personas pueden cambiar, solo tenemos que cambiar nosotros nuestro enfoque de poder brindarles aún una posibilidad por el bien común de la sociedad.

Palabras Claves: Medicina, Cambio Social, Justicia Social, Humanos (fuente: DeCS Bireme)

ABSTRACT

Knowledge of the neurobiological bases of behavior, and above all, mastery of the tools necessary for its modification, is essential for addressing numerous types of pathologies with clinical and social impact. Outside of the clinical setting, the prison rehabilitation system has arguably been the most neglected throughout the history of the republic in our country. Promoting innovative alternatives under the full weight of scientific evidence is a clear path to progress, thereby generating a better society, addressing the undeniable rise in the crime rate we all face every day. Shaping neurogenesis through enriched environments is a tool with promising results. People can change; we only need to change our approach to offer them even a chance for the common good of society.

Keywords: Medicine, Social Change, Social Justice, Humans (source: MeSH NLM)

<https://doi.org/10.53668/2024.PJNS64175>

Peru J Neurosurg 2024, 6 (4): 159-162

Los seres humanos tomamos decisiones constantemente.

A lo largo de los años la filosofía, política, religión y demás ciencias sociales han estructurado normas sociales para delimitar los actos humanos y mantener el orden en una determinada sociedad.¹ La moral y ética enmarcan lo “correcto” e “incorrecto” de un determinado acto en base a los efectos sociales que éste conlleve, siendo reflejo de nuestra naturaleza social para la adecuada convivencia. Por otro lado, el enfoque neurocientífico empezó a nacer debido a la documentación de la alteración notable del comportamiento moral en pacientes con disfunciones específicas y orgánicas en su cerebro.² Estas aproximaciones

confirmaban la posición de que la moral en el comportamiento humano no solo eran valores que emergían de un determinado grupo cultural para guiar la conducta social, sino de la existencia de mecanismos intrínsecos que ejercían también un importante peso para la toma de decisiones en un determinado escenario.³

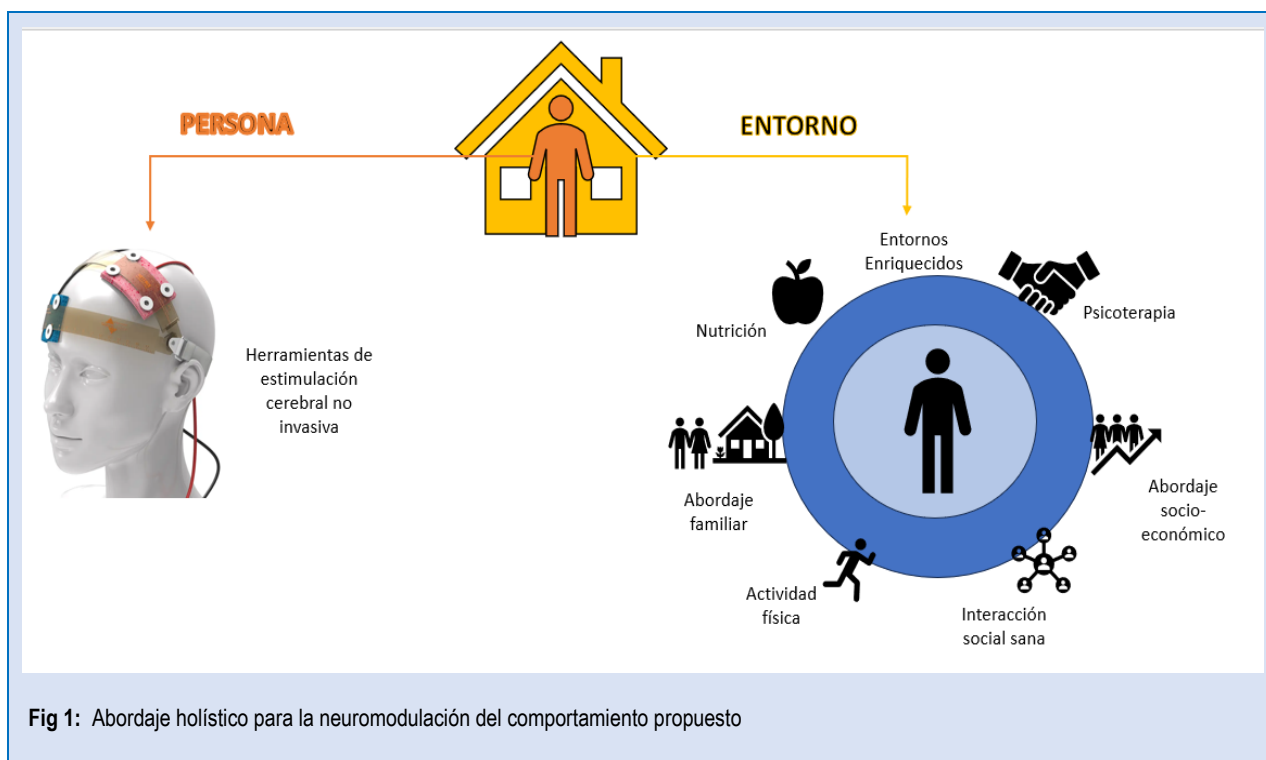
¿Qué determinó que una persona cometa un acto moralmente inadecuado? Si tomamos el ejemplo de un asesino que acaba de disparar a su víctima; podemos retroceder en el tiempo para intentar analizarlo. Segundos antes de que aquella persona disparara el gatillo, posiblemente tenía una sobreestimulación del sistema límite y, por el contrario, una capacidad disminuida de la corteza

Enviado : 10 de diciembre del 2023

Aceptado : 04 de marzo del 2024

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Riveros-Ruiz J. Bases neurobiológicas del comportamiento. ¿Es posible cambiar a un ser humano?

Peru J Neurosurg 2024; 6(4): 159-162. doi: 10.53668/2024.PJNS64175



prefrontal, a grandes rasgos, para poder controlar aquel impulso.⁴ Si remontamos a horas antes de aquel acto, podríamos encontrar que este asesino guardaba gran cantidad de Cortisol ⁵, producto del estrés y, posiblemente, testosterona que aumentó su hostilidad hacia las demás personas.⁶ En estudios anteriores se observó que personas con un alto nivel de testosterona tienden a catalogar como “amenazas” a las demás personas, predisponiendo a que ejecuten acciones en contra de estas.⁷ Continuando con el ejercicio, si retomamos a días antes, observaremos una afectación a su neuroplasticidad de la corteza prefrontal para modular sus impulsos producto de un entorno familiar y social estresante trayendo como resultado la hipertrofia de la amígdala y la hipotrofia de la corteza prefrontal.⁸ Si retrocediéramos años antes podríamos encontrar que la persona estuvo expuesta, durante su etapa de maduración neuronal, a sustancias que alteraron aquel proceso: desde drogas alucinógenas hasta el consumo excesivo de alcohol.⁹ De la misma manera, la carencia de ciertos compuestos nutricionales necesarios para la correcta maduración neuronal es también parte esencial para la cognición moral en años posteriores, moldeando la corteza que uno tendrá como adulto, siendo su ausencia crítica. ¹⁰ Si nos retrocedemos a décadas más atrás, podríamos haber encontrado la exposición de sustancias teratogénicas de su madre cuando se encontraba gestando, alterando la correcta neurogénesis de muchas áreas del cerebro implicadas en su ulterior comportamiento social ¹¹; la violencia y estrés de la madre gestantes también conlleva a una sobrecarga de estrés y demás sustancias nocivas para el desarrollo neuronal en el feto.¹² La base genética, durante su concepción, es también importante, ya que se observa que, por ejemplo, tener un determinado isotipo de la enzima monoamino oxidasa (MOA) de puede conllevar a tener más

riesgo de suicidio o de otros comportamientos socialmente indeseables bajo entornos específicos.¹³

Tal como se observa, la acción de un acto humano moralmente incorrecto nos conlleva a hacer un análisis exhaustivo de una serie de factores que se ensamblan desde su misma concepción hasta el mismo momento de realizado el acto. No hay un gen mágico, hormona o enzima multifuncional que explique de forma reduccionista el porqué de un determinado acto. Son numerosos sistemas que entran en una relación a multinivel y dinámica que nos acerca a un posible entendimiento de un determinado acto. El papel de la neurociencia es desentramar esa organizada y oscura telaraña, y así, tener un mejor panorama de nuestra propia naturaleza como seres sociales.¹⁴

Actualmente se cuenta con determinados modelos biológicos en especies de animales, con un aparente sistema neurobiológico menos complejo, que nos orienta a entender las bases neurológicas de un determinado comportamiento. Este es el caso de la hormiga *Pheidole pallidula*, en el que se evidenció la importancia de la enzima Protein-kinasa dependiente de GMP cíclico para determinar una postura social de éstas en su enjambre. Por ejemplo, las hormigas con mayor nivel de esta enzima en ciertas áreas del cerebro son las hormigas “guardianas” encargadas de la defensa del enjambre. Si se estimula farmacológicamente la síntesis de esta enzima a hormigas “no-guardianas” se observa que éstas toman una posición más “defensiva” siendo más hostiles a agentes extraños que se asomen al enjambre.¹⁵

En los seres humanos, hay muchísimas enzimas más implicadas en la postura social en la toma de decisiones. A pesar de aquello, el concepto de la neurogénesis en la etapa

adulto ha sido clave, en los últimos años, para el mayor entendimiento del comportamiento humano. Especialmente la neurogénesis humana en determinadas zonas del hipocampo y la amígdala es altamente regulada por numerosas sustancias, entre ellas proteínas como la FGF-2, Notch1, TFG, etcétera; Neurotransmisores como la Dopamina, Serotonina, Glutamato; Hormonas como los Estrógenos, Cortisol, Testosterona y Hormonas tiroideas.¹⁶ Todas ellas, bajo situaciones específicas cumplen un rol importante en la regulación del nacimiento, proliferación y migración de nuevas neuronas durante toda nuestra vida.

En los últimos años también, se ha desarrollado el concepto de “Entorno enriquecido” lo cual da un enfoque mucho más práctico y versátil de la dinámica de la neurogénesis. Se ha observado que, en ratas con ambientes más espaciosos, con más instrumentos para interaccionar, con cambios constantes de entorno y más ratas con las cuales interactuar, ha habido una notable actividad en zonas neurogénicas en contraste a ratas hospedadas en entornos clásicos. Por otro lado, ratas con ningún ambiente con los cuales interacciones, aisladas en su jaula, muestran menor actividad neurogénica y comportamiento más hostil hacia otras ratas extrañas cuando se le pone en contacto con ellas. Esto no queda aquí, a lo largo de los años, el paradigma de enfoque de entornos enriquecidos para la manipulación de la neurogénesis ha ido cambiando. Se ha observado que no es posible controlar todos los parámetros y variables independientes en dichos experimentos. El comportamiento mismo de aquellos animales crea un “entorno no compartido” producto de la interacción individual de dichos animales con su entorno, modificándolo en base a sus propias necesidades en contraste con los demás animales bajo las mismas circunstancias. Estas observaciones han impactado las aproximaciones de la investigación a esta área conllevando a un nuevo paradigma de “enfoque individualizado”. Las implicaciones de este enfoque traen repercusiones en el concepto de “Medicina Personalizada” que hasta ahora sufre del hecho de que esencialmente todos los experimentos con animales estándar apuntaban a minimizar la varianza intergrupal.¹⁷

Han surgido distintas aplicaciones en distintos campos de profesión de los conceptos antes mencionados. Entre ellos está la ejecución de “Justicia Restaurativa” en el ámbito penal. La justicia restaurativa es un enfoque nuevo de rehabilitación del preso, el cual se enfoca en la interacción, post acto delictivo, del victimario con la víctima y la sociedad que sufrieron las consecuencias de sus actos, buscando así la concientización de la responsabilidad misma de su comportamiento y de esta forma de las repercusiones de ellos a los demás. El enfoque neurocientífico viene a tallar en la estimulación de la neurogénesis mediante entornos enriquecidos para facilitar los fines antes mencionados. De igual forma el mismo concepto se ha visto aplicado al ámbito de la educación, con la implementación de entornos enriquecidos a colegios en zonas de bajos ingresos.¹⁸ En el ámbito clínico se ha visto la aplicación en la recuperación de pacientes con accidentes cerebros

vasculares¹⁹ y niños con parálisis congénitas con resultados bastante prometedores.²⁰ El moldeamiento de la neurogénesis mediante entornos enriquecidos es una herramienta con resultados prometedores. Las personas pueden cambiar, solo tenemos que cambiar nosotros nuestro enfoque de poder brindarles aún una posibilidad por el bien común de la sociedad.

De la misma manera, tanto el trabajo en el entorno, como el trabajo en el individuo y sus bases morfofisiológicas son necesarias para cubrir una aproximación más holística de la neuromodulación. A lo largo de la historia de la medicina contemporánea, tanto herramientas invasivas como no invasivas han sido aplicadas para dichos fines con mayor o menor resultado. La estimulación no invasiva cerebral es un campo que empieza a dar albos nuevos sobre el campo.²¹ Dentro de ellas la estimulación transcraneal la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS). Herramienta segura y no invasiva aprobada ya por la FDA para múltiples patologías neurológicas. Este dispositivo se encarga de liberar una descarga eléctrica prácticamente imperceptible en zonas clave del lóbulo frontal, reflejando así en las personas sometidas a dicha intervención un mejor control de impulsos de agresividad y comportamiento violento.^{22, 23}

CONCLUSIÓN

El conocimiento de las bases neurobiológicas del comportamiento, y, sobre todo, el dominio de las herramientas necesarias para su modificación es fundamental para abordar numerosos tipos de patologías de impacto clínico y social. (Fig 1) Fuera del ámbito clínico, el sistema de rehabilitación penitenciario ha sido posiblemente el sistema más dejado de lado en toda la vida republicana en nuestro país, fomentar novedosas alternativas bajo todo el peso de la evidencia científica es un camino claro de progreso para generar así una mejor sociedad, haciendo frente a la incuestionable elevación de la ola delictiva a la que todos encaramos día a día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pascual L, Rodrigues P, Gallardo-Pujol D. How does morality work in the brain? A functional and structural perspective of moral behavior. *Front Integr Neurosci*. 12 de septiembre de 2013; 7:65.
2. Wood RL, Thomas RH. Impulsive and episodic disorders of aggressive behaviour following traumatic brain injury. *Brain Inj*. 2013;27(3):253-61.
3. 1. Amodio DM, Frith CD. Meeting of mind: the medial frontal cortex and social cognition. *Nat Rev Neurosci*. abril de 2006;7(4):268-77.
4. Cushman F. The neural basis of morality: not just where, but when. *Brain*. 1 de abril de 2014;137(4):974-5.
5. 1. Kossowska M, Czernatowicz-Kukuczka A, Szumowska E, Czarna A. Cortisol and moral decisions among young men: The moderating role of motivation toward closure. *Personality and Individual Differences*. 1 de octubre de 2016; 101:249-53. Batrinos ML. Testosterone and

- Aggressive Behavior in Man. *Int J Endocrinol Metab.* 2012;10(3):563-8.
6. Montoya ER, Terburg D, Bos PA, Will G-J, Buskens V, Raub W, et al. Testosterone administration modulates moral judgments depending on second-to- fourth digit ratio. *Psychoneuroendocrinology.* 1 de agosto de 2013;38(8):1362-9.
 7. Singer N, Sommer M, Döhnel K, Zänkert S, Wüst S, Kudielka BM. Acute psychosocial stress and everyday moral decision-making in young healthy men: The impact of cortisol. *Horm Behav.* 2017; 93:72-81.
 8. Squeglia LM, Jacobus J, Tapert SF. The Influence of Substance Use on Adolescent Brain Development. *Clin EEG Neurosci.* enero de 2009;40(1):31-8.
 9. Nyaradi A, Li J, Hickling S, Foster J, Oddy WH. The role of nutrition in children's neurocognitive development, from pregnancy through childhood. *Front Hum Neurosci.* 26 de marzo de 2013; 7:97.
 10. Charness ME, Riley EP, Sowell ER. Drinking During Pregnancy and the Developing Brain: Is Any Amount Safe? *Trends Cogn Sci.* febrero de 2016;20(2):80-2.
 11. Fatima M, Srivastav S, Mondal AC. Prenatal stress and depression associated neuronal development in neonates. *Int J Dev Neurosci.* agosto de 2017; 60:1-7.
 12. Godar SC, Fite PJ, McFarlin KM, Bortolato M. The role of monoamine oxidase A in aggression: current translational developments and future challenges. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 1 de agosto de 2016; 69:90-100.
 13. Moll J, De Oliveira-Souza R, Zahn R. The neural basis of moral cognition: sentiments, concepts, and values. *Ann N Y Acad Sci.* marzo de 2008; 1124: 161-
 14. Lucas C, Sokolowski MB. Molecular basis for changes in behavioral state in ant social behaviors. *Proc Natl Acad Sci USA.* 14 de abril de 2009;106(15):6351-6.
 15. Liu H, Song N. Molecular Mechanism of Adult Neurogenesis and its Association with Human Brain Diseases. *J Cent Nerv Syst Dis.* 20 de junio de 2016; 8:5-11.
 16. Kempermann G. Environmental enrichment, new neurons and the neurobiology of individuality. *Nat Rev Neurosci.* abril de 2019;20(4):235-45.
 17. Brown M, McNeal M. Exploring restorative justice as a potential remedy for elder abuse and exploitation. *Innov Aging.* 11 de noviembre de 2018;2(Suppl 1):525-6.
 18. Jaschke AC, Honing H, Scherder EJA. Exposure to a musically enriched environment; Its relationship with executive functions, short-term memory and verbal IQ in primary school children. *PLoS ONE.* 2018;13(11): e0207265.
 19. 1. McDonald MW, Hayward KS, Rosbergen ICM, Jeffers MS, Corbett D. Is Environmental Enrichment Ready for Clinical Application in Human Post-stroke Rehabilitation? *Front Behav Neurosci.* 11 de julio de 2018; 12:135.
 20. Morgan C, Novak I, Badawi N. Enriched environments and motor outcomes in cerebral palsy: systematic review and meta-analysis. *Pediatrics.* septiembre de 2013;132(3): e735-746.
 21. Pettorruso M, Miuli A, Di Natale C, Montemito C, Zoratto F, De Risio L, et al. Non-invasive brain stimulation targets and approaches to modulate gambling-related decisions: A systematic review. *Addictive Behaviors.* 1 de enero de 2021; 112:106657.
 22. Molero-Chamizo A, Salas Sánchez Á, Álvarez Batista B, Cordero García C, Andújar Barroso R, Rivera-Urbina GN, Nitsche MA, Alameda Bailén JR. Bilateral Motor Cortex tDCS Effects on Post-Stroke Pain and Spasticity: A Three Cases Study. *Front Pharmacol.* 2021 Apr 21;12: 624582. doi: 10.3389/fphar.2021.624582. PMID: 33967758; PMCID: PMC8098051.
 23. Molero-Chamizo A, Martín Riquel R, Moriana JA, Nitsche MA, Rivera-Urbina GN. Bilateral Prefrontal Cortex Anodal tDCS Effects on Self-reported Aggressiveness in Imprisoned Violent Offenders. *Neuroscience.* 15 de enero de 2019; 397: 31-40.
 23. Sergiou CS, Woods AJ, Franken IHA, van Dongen JDM. Transcranial direct current stimulation (tDCS) as an intervention to improve empathic abilities and reduce violent behavior in forensic offenders: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 13 de marzo de 2020;21(1):263.

Declaración de conflicto de intereses

El autor reporta que no existe conflicto de interés en lo concerniente a los materiales y métodos usados en este estudio o a los hallazgos específicos en el mismo.

Contribución de los autores

Concepción y diseño: Riveros-Ruiz J. Redacción del artículo: Riveros-Ruiz J. Revisión crítica del artículo: Riveros-Ruiz J. Revisó la versión reenviada del artículo: Riveros-Ruiz J. Aprobó la versión final del artículo: Riveros-Ruiz J.

Correspondence

Riveros-Ruiz J. Servicio de Neurocirugía. Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión. Av Guardia Chalaca 2176. Correo-e: Jasonr_1013@hotmail.com T: 991189047