

NÚCLEOS BASALES: DIFERENTES DEFINICIONES Y DIVISIONES ANATÓMICAS Y FUNCIONALES.

Autores:

Yaignia Valdés Martínez¹

Nelson Rubal Lorenzo²

Sandra Bulies de Armas³

Yoanka Otero Baña⁴

Raisa Araujo Sosa⁵

1. Doctor en medicina, especialista de primer grado en Anatomía Humana, profesor asistente, Dpto. Anatomía Humana, ICBP Victoria de Girón. yvmtnez@infomed.sld.cu. La Habana, Cuba. CI: 74112601912

2. Doctor en medicina, especialista de primer grado en Anatomía Humana y MGI, profesor asistente, Dpto. Anatomía Humana, ICBP Victoria de Girón. La Habana, Cuba. CI: 71081801222

3. Doctor en medicina, especialista de primer grado en Anatomía Humana, profesor asistente, Dpto. Anatomía Humana, ICBP Victoria de Girón. La Habana, Cuba. CI: 74071543756

4. Doctor en medicina, especialista de primer grado en Anatomía Humana y MGI, profesor asistente, Dpto. Anatomía Humana, ICBP Victoria de Girón. La Habana, Cuba. CI: 70092111453

5. Doctor en medicina, especialista de primer grado en Anatomía Humana y MGI, profesor auxiliar, Máster en Medicina Bioenergética, Dpto. Morfofisiología, ELAM. La Habana, Cuba. CI: 68091231636

Introducción: El conocimiento sobre los núcleos basales (NB) se ha ido ampliando y por lo tanto su complejidad desde el punto de vista estructural y funcional. Actualmente se acepta su participación en una amplia variedad de funciones que incluyen tanto aspectos motores, como cognoscitivos, motivacionales y emocionales de la conducta. **Objetivo:** Visibilizar los diferentes criterios utilizados de divisiones anatómicas y funcionales de los núcleos basales y proponer un criterio unificado de división y nomenclatura de los núcleos basales **Método:** Se revisaron libros y atlas del sistema nervioso, las nomenclaturas anatómicas y se ilustra a través de imágenes. **Conclusiones:** Desde el punto de vista anatómico está bien definido cuáles son los núcleos basales, pero hay que tener en cuenta la división funcional que incluye núcleos que no son del telencéfalo. En todas las revisiones se incluyen los núcleos caudado, putamen y globo pálido. El cuerpo amigdalino no es incluido en algunas revisiones. El claustrum es mencionado en pocas revisiones. Algunos autores consideran la sustancia innominada como parte de los núcleos basales. El núcleo accumbens debe ser incluido dentro del cuerpo estriado y recientemente existen revisiones ya que está implicado en las adicciones y no aparece en la nómina anatómica.

Introducción:

Los núcleos basales (NB), centrales, o erróneamente llamados o conocidos como ganglios basales por algunos autores; han sido estudiados con diferentes nomenclaturas y divisiones anatómicas y funcionales por los diferentes especialistas.

Desde el punto de vista anatómico constituyen una de las disposiciones de sustancia gris presentes en la profundidad o base del telencéfalo o hemisferios cerebrales por lo que también se les denomina subcorticales.

Desde el punto de vista funcional se excluyen algunos de estos núcleos y se incluyen otros que no forman parte del telencéfalo pero que tienen una conexión funcional. Esto se corresponde con la función que realizan y sus conexiones; ya que tradicionalmente se ha relacionado los NB con la función motora fundamentalmente extrapiramidal en la coordinación, control e integración de los movimientos. Los núcleos que no realizan estas funciones no los consideran NB a pesar de estar en el telencéfalo.

Los NB constituyen uno de los principales sistemas neurales a través del cual el córtex cerebral influye sobre la conducta, las funciones de los NB son, en gran parte desconocidas, aunque por mucho tiempo se les ha involucrado casi exclusivamente en el control de los movimientos. Sin embargo, ahora se acepta su participación en una amplia variedad de funciones que incluyen tanto aspectos motores, como cognoscitivos, motivacionales y emocionales de la conducta (1).

Las entidades más conocidas que afectan este sistema de neuronas son la enfermedad de Parkinson y la Corea de Huntington. Actualmente se sabe que tienen un rol importante en las adicciones.

Constantemente surgen nuevos conocimientos en cuanto a sus límites topográficos, citoarquitectura interna, conexiones intrínsecas e intrínsecas y sustratos neuroquímicos, por lo que son conocidos como el "patito feo" del SNC.

Por lo tanto motivados por las razones expuestas nos proponemos:

- Visibilizar los diferentes criterios utilizados de divisiones anatómicas y funcionales de los núcleos basales.
- Proponer un criterio unificado de división y nomenclatura de los núcleos basales.

Material y método:

Se realizó una revisión bibliográfica de 23 citas que incluyen nomenclaturas anatómicas, textos y atlas que incluyen las divisiones de los núcleos basales.

Desarrollo:

¿Núcleos basales o ganglios basales?

El término NÚCLEO

La porción central del sistema nervioso está estructurado por la sustancia gris y la sustancia blanca. De forma general, en la sustancia gris se localizan los cuerpos neuronales, neuroglías, dendritas y axones no mielínicos; disponiéndose en:

Núcleo: Conjunto de cuerpos y prolongaciones neuronales, del sistema nervioso central bien delimitados y que participan en una determinada función.

Corteza: Conjunto de cuerpos neuronales y prolongaciones que se estructuran en forma de capas o empalizadas en un área extensa.

Ganglio: Conjunto de cuerpos neuronales, situados en la parte periférica del sistema nervioso (2).

El núcleo es una disposición del sistema nervioso central y el ganglio es la única disposición de sustancia gris en sistema nervioso periférico. No obstante en la nomenclatura anatómica (3) se hace mención a este término como sinónimo a pesar de ser un error conceptual por su amplio uso en la práctica médica.

El término BASAL:

El término se refiere a la situación del núcleo en la profundidad del telencéfalo, es una división o clasificación anatómica, topográfica, por lo tanto no deben ser incluidos otros núcleos que no pertenezcan al telencéfalo; esto no niega que existan conexiones funcionales con otros núcleos de otras porciones del sistema nervioso central para integrar una función determinada, pero esta no es una razón para denominarlos basales.

El texto de Neuroanatomía funcional de los autores Estrada y Pérez (4) no utiliza ninguna de las dos denominaciones, simplemente se refiere a las agrupaciones celulares que componen el sistema estriado-pálido-subtalámico o sistema motor extrapiramidal, que en el hombre son muy variadas y en el encéfalo adulto ocupan posiciones en el mesencéfalo, el diencefalo y el telencéfalo;

Divisiones de los núcleos basales para su estudio:

Desde el punto de vista anatómico se han incluido tradicionalmente 3 núcleos en cada hemisferio cerebral (2, 3, 5, 6, 7, 8, 9,10): el cuerpo estriado, el claustrum o antemuro y el cuerpo amigdalino. En estos textos son descritos estos núcleos anatómicamente de forma general:

Cuerpo estriado: Consta de dos partes, separadas no completamente una de la otra; el núcleo caudado y el núcleo lenticular.

- Núcleo caudado: tiene forma de coma o letra C, se encuentra por encima y medialmente al núcleo lenticular, del cual está separado por una capa de sustancia blanca, denominado cápsula interna. Presenta tres porciones, la anterior engrosada es la cabeza, posteriormente se adelgaza y se continúa en el cuerpo y la cola que se incurva.

- Núcleo lenticular: tiene forma de cuña, se divide en tres partes: las dos mediales más claras corresponden al denominado globo pálido y la lateral de color gris oscuro al putamen.

Claustro: Representa una fina lámina de sustancia gris, localizada entre la cápsula extrema que lo separa de la corteza de la ínsula y la cápsula externa que lo separa del putamen.

Cuerpo amigdalino: Se encuentra debajo del putamen, en el extremo anterior del lóbulo temporal sin llegar al polo temporal.

La mayoría de estos núcleos pueden ser observados a la vez en un corte horizontal del telencéfalo del atlas de Anatomía Humana Netter (8) (fig. 1), excepto el cuerpo amigdalino que se aprecia en un corte horizontal inferior al de la figura 1, pero puede ser apreciado mejor en un corte sagital donde también se aprecia el hipocampo, estructura con la que tiene estrecha relación funcional.

Algunos de los autores que utilizan la división anatómica refieren que los NB tienen una estrecha relación desde el punto de vista funcional con el núcleo subtalámico que es del diencefalo y pertenece al hipotálamo; y núcleos mesencefálicos como la sustancia negra y el núcleo paranigral o área tegmental ventral; aclarando que no deben ser incluidos dentro de los NB (2, 7, 9).

Patricio Bertrand Abdala Sepúlveda en su tesis doctoral (1) plantea que el término BN será usado para referirse a un conjunto anatómico y funcionalmente interconectado de núcleos subcorticales que se encuentran en el telencéfalo, diencefalo y mesencefalo (12) y como su nombre indica, incluyen un grupo de estructuras profundas, situadas en la parte basal del telencefalo. Hace referencia a

una cita (13) que plantea que en un comienzo el término BN fue usado por los neuroanatomistas para referirse a todos los núcleos subcorticales que se encuentran en la base del cerebro; que incluyen al núcleo caudado y putamen (globalmente referidos como estriado o neostriado), el tálamo, el globo pálido (pálido o paleostriado), cuerpo amigdalino (o arquiestriado) y claustró. Refiere que actualmente (la cita es de 1986) el tálamo, el cuerpo amigdalino y el claustró no son incluidos, aunque les correspondería por definición topográfica de núcleos subcorticales y a pesar de que algunos núcleos del tálamo y cuerpo amigdalino contribuyen directamente al control de las actividades motoras. El cuerpo amigdalino es considerado como parte integrante del sistema límbico y por sus conexiones juega un importante rol en la interacción de ambos sistemas (motor y límbico). Por otra parte, el claustró no presenta conexiones con el estriado o pálido y nunca ha sido implicado en alguna enfermedad característica de los NB (14).

El texto y atlas de Anatomía Prometheus (15) no considera el globo pálido como cuerpo estriado y no considera NB el claustró y el cuerpo amigdalino refiriendo que son otros núcleos que forman parte del cuerpo medular del cerebro y no de los NB del telencéfalo.

El texto de Anatomía Humana de Van De Graaff (16) no considera NB el cuerpo amigdalino.

El texto y atlas de Anatomía de Crossman (17) no considera NB el claustró y refiere que a pesar de que el cuerpo amigdalino tiene un origen embrionario similar a los otros núcleos funcionalmente es completamente distinto.

El texto Human Nervous System (18) no considera NB el claustró y el cuerpo amigdalino, incluye un núcleo accumbens junto a los núcleos caudado y putamen. Incluye los núcleos de diencéfalo (núcleo subtalámico) y de mesencéfalo (sustancia negra y área tegmental ventral).

El atlas of functional neuroanatomy (19) refiere que existen tres NB: caudado, putamen y globo pálido; no considera NB el claustró y el cuerpo amigdalino. Refiere

que desde el punto de vista funcional se debe tener en cuenta los núcleos de diencefalo (núcleo subtalámico) y de mesencefalo (sustancia negra). Por último cita que existe una colección distinta de neuronas en la parte ventral de los NB que se denomina núcleo accumbens, que es único porque es la región donde hay una mezcla de neuronas de los NB y de estructuras límbicas.

El texto de Neuroanatomía Humana de Ojeda (20) no considera NB el cuerpo amigdalino. En la literatura revisada es el único que incluye el claustró dentro del cuerpo estriado. Por otra parte no considera el globo pálido como parte del cuerpo estriado y refiere que el cuerpo estriado constituye el neostriado, dado que es relativamente reciente desde el punto de vista filogenético. La zona en que la cabeza del núcleo caudado entra en contacto con el putamen puede considerarse como una subdivisión del neostriado; se denomina estriado ventral, y su componente principal es el núcleo accumbens. El pallidum constituye el paleostriado, más antiguo que el anterior desde el punto de vista filogenético.

El texto Clinical neuroanatomy del 2008 (21) incluye íntegramente la división anatómica y refiere que existen otros NB frontales que se denominan núcleo accumbens y sustancia innominada. Aunque refiere que no es infrecuente que sólo 3 de estas estructuras (caudado, putamen y globo pálido) sean mencionados en las discusiones clínicas de lesiones de "ganglios basales" porque son las que tienen fuertes conexiones anatómicas, neuroquímicas y funcionales con la corteza cerebral y el tálamo.

El núcleo accumbens y la sustancia innominada no aparecen en la nómina anatómica, pero sí en la terminología anatómica (22).

El núcleo accumbens es la estructura neurológica clave para explicar las conductas adictivas. Tiene un rol bien definido en los efectos reforzadores naturales (conducta alimentaria y sexual) y en los efectos de refuerzo producidos por las drogas (1).

Algunos autores refieren que el término cuerpo estriado se usa ocasionalmente para designar colectivamente a los núcleos caudado, putamen y globo pálido o sólo a los

núcleos caudado y putamen (1, 13). Netter (8) denomina estriado al núcleo caudado con el putamen y a su vez denomina cuerpo estriado al estriado con el lentiforme. Este término genera confusión, pero se aclara cuando se define el porqué del término estriado.

Prives (5) refiere que por delante y abajo la cabeza del núcleo caudado llega hasta la sustancia perforada anterior, donde se une con el putamen. Además de esta unión amplia de ambos núcleos por su parte ventral, hay también unas cintillas de sustancia gris que los unen dorsalmente. Estas cintillas situadas alternativamente entre los fascículos blancos de la cápsula interna motivaron su denominación de cuerpo estriado. El globo pálido es macroscópica e histológicamente diferente del putamen. El término lentiforme es frecuentemente usado en un contexto topográfico, ya que ambos núcleos son histológica e histoquímicamente diferentes (1). Debido a todas estas particularidades, el globo pálido se destaca actualmente como una unidad morfológica especial bajo el nombre de pálido, mientras que el concepto estriado queda sólo para el putamen y el núcleo caudado (5).

Esta descripción que hace Prives (5) se corresponde con la división del cuerpo estriado citada por Ojeda (20) en neoestriado y paleoestriado. La unión amplia de los núcleos caudado y putamen por su parte ventral a la que hace referencia es el núcleo accumbens o también llamado estriado ventral, a la cual no le da una denominación, ni es diferenciado por su función y sus conexiones.

El texto y atlas de Anatomía Crossman (17) no menciona el núcleo accumbens en el esquema de la división de los núcleos pero en el texto refiere que el extremo rostral de la cabeza del caudado se continúa a través y por debajo del brazo anterior de la cápsula interna, que a ese nivel la porción más ventral del estriado, situada por delante de la comisura anterior se conoce como núcleo accumbens, que tiene conexiones con el sistema límbico..

El texto Anatomía de Gray refiere que el cuerpo estriado tiene una división dorsal y una división ventral. En la división dorsal cita que la parte inferior de la cabeza del núcleo caudado se continúa en buena parte con la porción más inferior del putamen, inmediatamente por encima de la sustancia perforada anterior. Esta región de continuidad forma el fondo de la estría de Brockhaus. En la división ventral cita al

núcleo acústico y al tubérculo olfatorio de la sustancia perforada anterior que forman el estriado ventral, y en la parte más posterior está el pálido ventral.

Lennart Heimer y cols. en 1975 basándose en la distribución de la tinción de la acetilcolinesterasa (AChE) introdujeron los términos estriado ventral y pálido ventral para designar a las extensiones más ventrales de los NB hasta el tubérculo olfatorio en los mamíferos no primates, de modo que el estriado se divide principalmente por sus conexiones en estriado dorsal y estriado ventral (13). El estriado ventral, está constituido por el nucleus accumbens, la parte ventromedial de los núcleos caudado y putamen y una extensa parte del tubérculo olfatorio, está conectado con el sistema límbico, la formación hipocámpal y el área tegmental ventral (VTA) y sus funciones están relacionadas con aspectos emocionales de la conducta. El estriado dorsal corresponde a lo que clásicamente se conoce como núcleos caudado y putamen, recibe principalmente conexiones del córtex cerebral y se proyectan fundamentalmente hacia las estructuras palidales (1, 13, 23).

Los textos Anatomía de Gray (7) y Clinical neuroanatomy (21) refiere que la sustancia innominada es un área de sustancia gris situada entre el plano horizontal de la comisura anterior y la superficie ventral o inferior del telencéfalo. Su nombre refleja la incertidumbre de los anatomistas en la naturaleza y origen específico de este núcleo. Ahora se reconoce que esta área incluye el núcleo basal de Meynert (el origen de múltiples vías colinérgicas), una extensión del cuerpo amigdalino, así como una extensión posterior del núcleo accumbens y ventral del globo pálido ventral.

Crítica a las divisiones de los NB según la bibliografía revisada

El 100 % de las revisiones incluida la nómina anatómica (NA) incluyen los núcleos caudado, putamen y globo pálido en los núcleos basales ya que son los que presentan fuertes conexiones anatómicas, neuroquímicas y funcionales con la corteza cerebral y el tálamo.

De las referencias revisadas el 47,8 % (11) no incluyen el claustro y/o el cuerpo amigdalino (1, 12, 13, 14-20, 23), lo cual consideramos que es un error porque

aunque se justifique funcionalmente, topográficamente puede generar confusión. Es un error considerar el claustró como parte del cuerpo estriado. Es un error considerar el tálamo como un núcleo basal, aunque estos últimos aparecen en una sola cita.

El término estriado corresponde a los núcleos caudado y putamen conocido como neoestriado; pero por extensión se incluye el globo pálido o paleo estriado y en conjunto forman el cuerpo estriado. El término es utilizado correctamente en la mayoría de la literatura revisada.

El núcleo accumbens es mencionado en el 52,2 % de la literatura revisada (1, 7, 12, 13, 14, 17-23) donde utilizan previamente la división del neoestriado en estriado dorsal y estriado ventral (núcleo accumbens). El texto Anatomía de Gray (7) denomina a esta región fondo de la estría de Brockhaus dentro de la división dorsal y en la división ventral refiere que hay un núcleo acústico como continuación medial del putamen, pensamos que se refiere al núcleo accumbens porque cita que está lateral a los núcleos del septo. Consideramos que tanto el fondo de la estría de Brockhaus como el núcleo acústico son parte del núcleo accumbens, pero esto no queda bien definido.

Sólo el 13 % de la literatura revisada hace referencia a la sustancia innominada, aspecto en el que se debe seguir profundizando.

Propuesta de división de los núcleos basales:

I. Núcleos basales que tienen fuertes conexiones anatómicas, neuroquímicas y funcionales con la corteza cerebral y el tálamo:



Desde el punto de vista filogenético se dividen en:

- Neoestriado: formado por el caudado y el putamen. A su vez se divide en estriado dorsal y estriado ventral formado por el NÚCLEO ACCUMBENS.

- Paleoestriado: globo pálido. A su vez se divide en pálido dorsal (formado por el globo pálido medial y lateral) y pálido ventral.

II. Núcleo integrante del sistema límbico

- Cuerpo amigdalino

III. Núcleo que no presenta conexiones con el estriado o pálido:

- Claustro

IV. Sustancia innominada: incluye núcleo basal de Meynert, una extensión del cuerpo amigdalino, así como una extensión posterior del núcleo accumbens y ventral del globo pálido ventral.

Conclusiones:

- El término que debe ser utilizado para denominar los acúmulos de sustancia gris en la profundidad del telencéfalo es NÚCLEOS BASALES.
- Existen diferentes criterios de división de los núcleos basales, la contradicción viene dada por la diferencia en la función y no por la anatomía.
- Todos los criterios de división de los núcleos basales tienen en común los núcleos caudado, putamen y globo pálido; pero cerca de la mitad de la literatura revisada no incluye el cuerpo amigdalino ni el claustro como núcleos basales.
- Debe ser utilizada la división desde el punto de vista anatómico. Los otros núcleos son diencefálicos y mesencefálicos, no son basales.
- El núcleo accumbens o estriado ventral se describe en la mitad de la literatura revisada; debe ser diferenciado ya que juega un rol importante en las adicciones.
- La sustancia innominada debe ser considerada como parte de los núcleos basales aunque se debe profundizar más en la estructura de este conjunto de núcleos, es citada en un escaso porcentaje de la literatura revisada.

Referencias bibliográficas:

1. Abdala Sepúlveda P. B. La sustancia negra y el núcleo mesencefálico profundo como centro de salida de la información de los ganglios basales. CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS 1998/99. EDIT: La Laguna: Univers, 2002.
2. Colectivo de autores. Morfofisiología Vol. II. Editorial Ciencias Médicas 2015
3. Nómima Anatómica de París (PNA). 6^{ta} ed. 1989

4. Estrada Glez J. R, Pérez Glez J. Neuroanatomía funcional. 3^{ra} Ed.1986. Edit.l Pueblo y Educación.
5. Prives M. ANATOMÍA HUMANA Quinta Edición Revisada y ampliada. 1984.
6. Orts Llorca F.: Anatomía Humana, 6^{ta} Ed, Edit. Científico Médica, Barcelona, 1986.
7. Gray H. Anatomía de Gray. T II. 38^a Ed. Harcourt S.A. 2001
8. Netter F.H. Atlas de Anatomia Humana, 4^{ta} Ed. Elsevier Doyma, SL. 2007
9. Snell R. S. Neuroanatomía Clínica. 5^{ta} Ed. Edit. Médica Panamericana S. A. 2001.
- 10.Sinelnikov R. D. Atlas de Anatomía Humana 4ta Edición. 1984.
- 11.Sobotta. Atlas de Anatomía Humana. 21^a Ed. Guanabara Koogan S.A. 2000.
- 12.ALBIN, R. L.; YOUNG, A. B. y PENNEY, J. B. The functional anatomy of basal ganglia disorders. Trends Neurosci 12(10):366-375. 1989.
- 13.PARENT, A. Comparative neurobiology of the basal ganglia. N. York. 1986
- 14.PARENT, A. Extrinsec connections of the basal ganglia. Trends in Neurosc. 13 (7):254-258. 1990
- 15.Schunke, Schulte, Schumacher, Voll, Wesker. Prometheus Texto y atlas de Anatomía T 3. Editorial Médica Panamericana S. A.
- 16.Van De Graaff. Human Anatomy. 6^{ta} Ed. The McGraw–Hill Companies. 2001
- 17.Crossman A.R., Neary D. Neuroanatomía. Texto y atlas en color. 3^{ra} Ed. 2007. Elsevier Doyma, S.L.
- 18.Noback Ch. R., Strominger N. L., Demarest, R. J. Ruggiero D. A. The Human Nervous System. Structure and Function. 6^{ta} Ed. Humana Press Inc. 2005.
- 19.Walter J. Hendelman. Atlas of functional neuroanatomy.2^{da} Ed. Taylor & Francis Group. 2006
- 20.Ojeda Sahagún J.L., Icardo de la Escalera J. M. Neuroanatomía humana. Aspectos funcionales y clínicos. Masson, S.A. 2004.
- 21.Mendoza J. E., Foundas A. L. Clinical neuroanatomy: A Neurobehavioral Approach. Springer Science+Business Media, Inc. 2008.
- 22.Terminología anatómica. SAE. IFAA. Editorial Panamericana. 1998.
- 23.HEIMER, L.; ALHEID, G. F. y ZABORSZKY, L. (1985) Basal ganglia. En G. Paxinos (ed.) The rat nervous system. Vol. 1 Academic Press, Sydney, 37-86.

ANEXOS

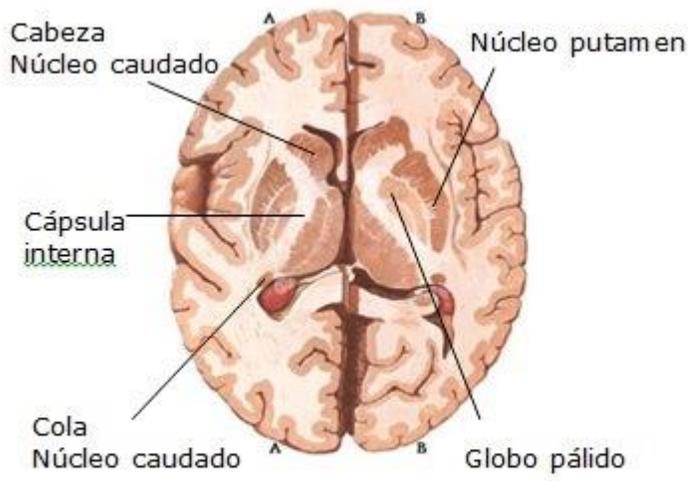


Fig. 1 Corte horizontal del encéfalo