HOMÚNCULO Y PLASTICIDAD

¿A qué nos referimos al usar el término **homúnculo**?

El significado literal de **homúnculo** es "hombrecillo en el cerebro". Por tratarse de una metáfora el término puede resultar confuso. Además la ambigüedad queda acentuada por su doble vertiente de significado:

1) De un lado, el tradicional concepto filosófico de **homúnculo**, hace referencia al: *"agente que dirige el procesamiento de información y la uniforma dentro de la consciencia. Es una propiedad emergente surgiendo de la mezcla de inputs, ouputs y una mezcla de información almacenada que se va acumulando a lo largo del tiempo".[1]*

Este hombrecillo en la cabeza sería el equivalente a un director de orquesta, puesto que sería el encargado de regular las actividades mentales. No obstante, esta acepción nos lleva a un círculo vicioso que se extiende hacia el infinito: ese hombrecillo necesita de otro hombrecillo el cual, a su vez, necesita de otro, y así sucesivamente.

Este término fue consecuencia de la necesidad de justificar los procesos cognitivos del hombre. Puesto que tenemos intenciones, metas, voluntad, "yo", etc.

Actualmente sigue vigente ya que esa originaria necesidad no ha sido resuelta por otra vía.

2) De otro, el concepto de **homúnculo** se refiere a: *"una pintoresca representación artística de la correspondencia entre las diferentes partes de la superficie del cuerpo y la superficie del cerebro. Los rasgos grotescamente deformados pretenden indican que ciertas partes del cuerpo como los labios y la lengua están mucho más representadas que otras".[2]*

Sería el equivalente a un mapa topográfico en el cual se registra una organización somatotópica de las áreas motoras de la corteza cerebral.

Este segundo concepto es precisamente el enfoque de homúnculo que trataremos en nuestra exposición. A partir de estas líneas cada vez que citemos el término "**homúnculo**" estaremos haciendo referencia a la representación de los mapas corporales en el cerebro. Esto queda reflejado a groso modo en el siguiente esquema:

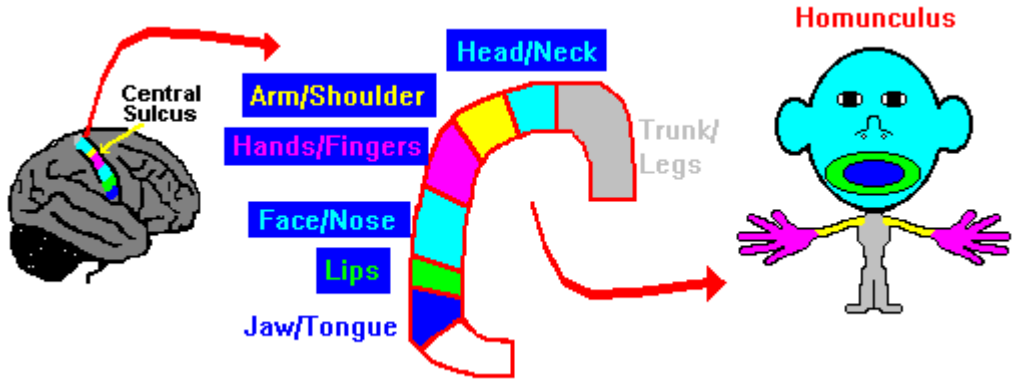


Figura 1

El **homúnculo** refleja nuestra capacidad de discriminación sensorial y la importancia motriz de cada parte de nuestro cuerpo.

En términos evolutivos el sistema motor es probablemente el más antiguo de todos los sistemas sensoriales. La locomoción es uno de los atributos básicos de los organismos más simples. El desplazamiento permite una interacción más compleja con el mundo.

Con el fin de gobernar la información procedente de la citada interacción y de la emergente complejidad de los propios organismos, el cerebro se ha ido desarrollando a nivel cortical.

Así nos encontramos con una representación sensorial (**homúnculo** sensorial en humanos y otra representación motora (**homúnculo** motor) del cuerpo.

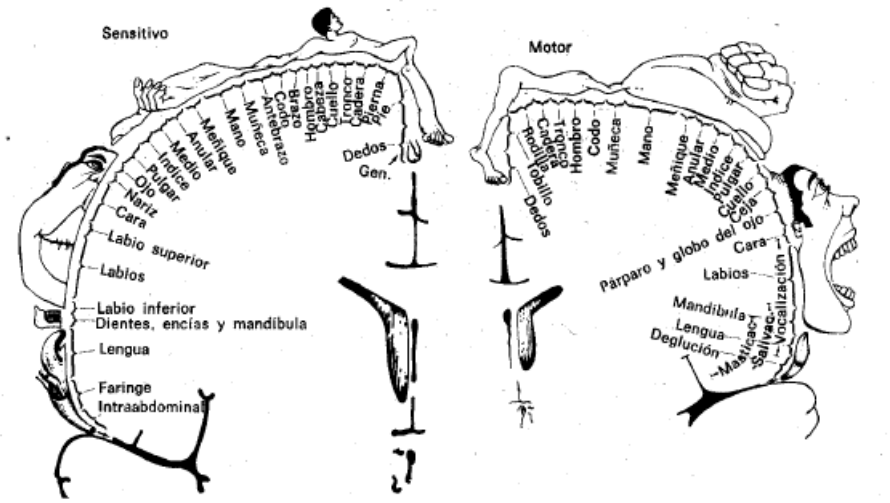


Figura 2

Ambas son paralelas y están ricamente interconectadas, constituyendo una doble banda que recorre la superficie del cerebro de “oreja a oreja”. El surco central o Cisura de Rolando separa una representación de otra. Estos **homúnculos** son los responsables de que sintamos y movamos nuestro cuerpo de forma consciente. Del mismo modo se encargan de la coordinación y de las acciones motoras complejas más variadas.

En términos psicológicos podemos decir que la integración y el funcionamiento adecuado de ambos sistema constituyen lo que conocemos como esquema corporal.

Fue Wilder Penfield, neurocirujano canadiense, quien a mediados del siglo XX representó en forma de **homúnculo** el mapa motor cortical. Trató de reflejar la secuencia y extensión relativa de las regiones correspondientes a las distintas partes del cuerpo. Estudió por primera vez en seres humanos las representaciones topográficas del cuerpo en el cerebro. W. Penfield estimuló el córtex de personas conscientes durante intervenciones quirúrgicas. Y así localizó en el córtex los movimientos que iban asociados a cada punto estimulado eléctricamente. Realizó su investigación con pacientes epilépticos. [3, 4]

¿Qué se entiende por plasticidad cerebral?

"El término 'plasticidad cerebral' expresa la capacidad cerebral para minimizar los efectos de las lesiones a través de cambios estructurales y funcionales. Una gran parte de procesos lesivos del sistema nervioso que afectan a tractos corticoespinales y subcorticoespinales, cerebelosos, medulares, visuales, lingüísticos y de otros tipos muestran el efecto de la plasticidad, unas veces de forma espontánea y otras tras tratamientos de rehabilitación adecuados. La plasticidad neuronal es mucho más manifiesta cuando las lesiones cerebrales han tenido lugar durante la época prenatal, neonatal o en la niñez, aunque pueden darse a cualquier edad. Aparte de la clínica, la plasticidad neuronal puede observarse por electrofisiología, RM, tomografa de emisión de positrones (PET), por estimulación magnética transcraneal (TME) y obviamente por histología, esta última principalmente en los estudios experimentales. En Neurología Pediátrica debemos recurrir con mucha frecuencia al concepto de plasticidad cerebral para explicar la favorable evolución clínica en muchos casos con lesión cerebral grave." [5]

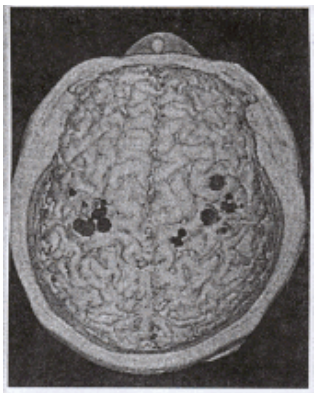
NUEVAS APORTACIONES

Hace dos décadas se pensaba que la plasticidad del SNC sólo estaba presente durante la etapa fetal y la temprana infancia. No obstante se tenía información de que en los cerebros de los primates adultos se daban cambios que implicaban nuevas conexiones de entre 1-3 mm [6].

A principios de los años 90 Tim Pons realizó experimentos con monos que habían sufrido una rizotomía dorsal. Y encontró que al tocar la zona de la cara ipsilateral al brazo desconectado se activaba en el cerebro la zona correspondiente a dicho brazo. Esto implica que se generaban nuevas conexiones de entre 10 y 14 mm de longitud en la corteza cerebral. Y se inervaban así las zonas de la cara con las del brazo (zonas vecinas en la representación del **homúnculo** de Penfield). [2, 6]

Un par de años después, Ramachandran et al. aportaron nuevas ideas acerca de la reorganización del homúnculo. Aplicaron los hallazgos de Tim Pons en sus estudios de la percepción en pacientes con brazos amputados (caso Tom). [2,6]

Tanto los hallazgos de Tim Pons como los de Ramachandran necesitaban una comprobación más directa. Con este propósito los neurólogos: Tony T. Yang, C. Gallen, B. Schwartz, F. E. Bloom del Departamento de Neurofarmacología (La Jolla, California) junto con el propio Ramachandran aplicaron nuevas técnicas de neuroimagen en sus investigaciones. Concretamente la magnetoencefalografía (MEG), técnica no-invasiva que permite registrar la actividad eléctrica del cerebro. (Véase Figura 4)



Top view of a combined MEG and three-dimensional surface-rendered MRI of patient F.A. The unaffected right hemisphere shows the primary somatosensory face area (red) lateral, anterior and inferior to the hand localizations (green), which are in turn lateral, anterior and inferior to the upper arm region (blue). The affected left hemisphere shows the face (red) and upper arm region (blue) extending into the expected hand territory.

Figura 4

Si podemos destacar una característica funcional notable en la organización de la corteza motora ésta es su plasticidad [3]. Se ha comprobado que la función de una zona determinada pueden asumirla otras zonas. De modo que las representaciones somatotópicas de la corteza motora son capaces de experimentar desplazamientos o cambios en sus dimensiones ante acontecimientos muy diversos.

Esta plasticidad de la corteza cerebral, parece desempeñar una función importante en la adquisición de nuevas habilidades motoras. Así, las imágenes obtenidas mediante resonancia magnética funcional, muestran que el entrenamiento de un determinado ejercicio manual se acompaña de una expansión del área cortical activada durante el mismo. Al tiempo que el ejercicio se ejecuta con mayor precisión.
Un atleta necesita un buen tren inferior para saltar longitud. Así, con su entrenamiento se desarrolla la musculatura. Del mismo modo, un experto pianista necesita desarrollar una motricidad fina. Como consecuencia del entrenamiento y el desarrollo de esta habilidad motora se expande el área del córtex motor responsable de dicha actividad.

Otros estudios recientes demuestran la existencia de una representación cortical múltiple. Esto implica que la contracción de un determinado músculo o la realización de un movimiento coordinado pueden originarse en diferentes zonas del cerebro. Estas zonas son generalmente discontinuas. [3]

El **homúnculo** de Penfield ha sido útil como representación aproximada del mapa motor. Sin embargo, no refleja de forma estricta la realidad. El conocido y tradicional **homúnculo** es demostrable a grandes rasgos mediante las modernas técnicas de neuroimagen. Sin embargo, debe contemplarse más bien, como un esquema sobre el que existen desplazamientos locales en direcciones diversas. De hecho en infartos de la convexidad cerebral no se ha podido encontrar una buena correlación entre la localización exacta de la lesión y la zona del cuerpo debilitada. [3]

Por otra parte cada área principal del **homúnculo** (extremidad superior, extremidad inferior, etc.) posee, a su vez, mapas motores a pequeña escala. Estos mapas cumplen características tales como la representación múltiple, la convergencia, la divergencia y la superposición. [3]

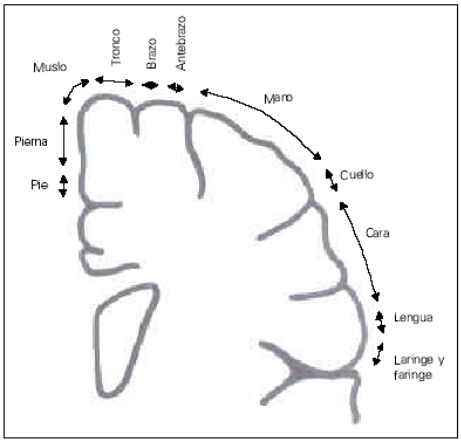


Figura 3. Representación somatotópica de la corteza motora primaria en una sección coronal. En realidad, sobre este esquema se pueden diferenciar múltiples mapas motores a pequeña escala, con un alto grado de superposición de los territorios correspondientes a distintas partes del cuerpo.

El mapa cartográfico que conocemos como **Homúnculo** de Penfield (en el córtex somatosensorial) no es la única representación topográfica del cuerpo ya que este mapa cartográfico existe también en el tálamo, cerebelo y en la propia médula espinal. [7]

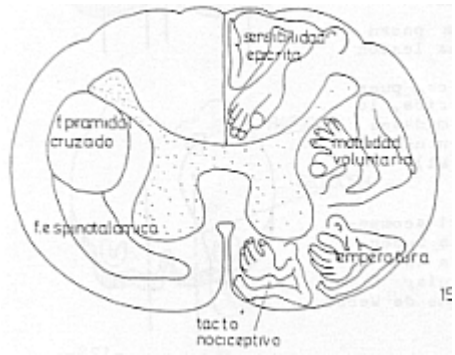


Figura 5

Enlazando con esta última idea encontramos que las fibras que forman el fascículo corticoespinal (aprox. 1 millón) no parten exclusivamente de la corteza motora primaria. En realidad, las fibras que nacen de la corteza motora primaria suponen entre un 30-60 % del conjunto de fibras corticoespinales. Esta consideración no se tenía en cuenta en los textos clásicos. En los que se argumentaba que el FCE dependía únicamente de la corteza motora primaria.

Sólo algunas fibras del FCE se van a implicar en la actividad muscular. Puesto que otros haces del FCE parten de otras zonas de la corteza con función sensitiva.

Estas áreas son:

- Área sensitiva primaria (áreas 1,2,3 de la Circunvolución Post-central).
- Área sensitiva secundaria (vertiente dorsal de la Cisura de Silvio),
- Corteza sensitiva de asociación (áreas 5 y 7 en el Lóbulo Parietal Superior).

(Véase figura 6)

Al igual que ocurre en el origen, el destino de las fibras corticoespinales se relaciona con estructuras de los sistemas motor y sensitivo.

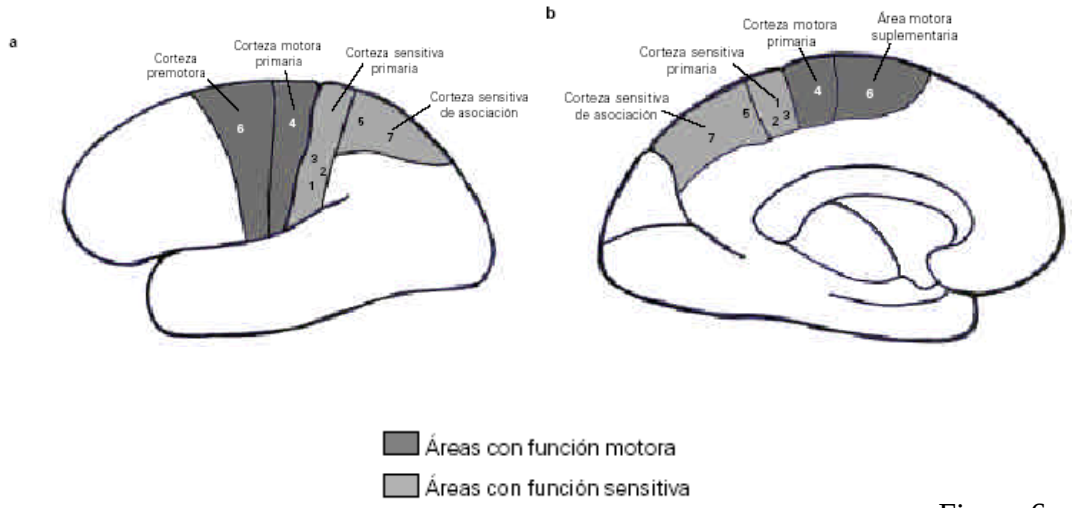


Figura 6

a) cara lateral b) cara medial

En la Figura 6 se pueden observar las principales áreas de la corteza cerebral dónde se originan las fibras del fascículo corticoespinal (FCE). La mayor parte de las fibras nacen en áreas con función motora pero algunas nacen en áreas con función sensitiva.

De igual modo encontramos representados en la corteza distintos tipos de receptores de sensibilidad somática (piel, mucosa), exteroceptores (temperatura, dolor, tacto, presión) y propioceptores (fibras y articulaciones). [7]

RECONSIDERACIONES FINALES

El propio Penfield tuvo oportunidad de comprobar que el **homúnculo** no reflejaba un mapa cerrado e inalterable. Sino más bien un mapa topográfico susceptible de modificaciones:
"Los clásicos trabajos de Penfield informan sobre cómo en la región pre-rolándica, y en relación a una distancia fija con respecto al plano parasagital, la estimulación de un punto diana puede identificar en un paciente la cara, en otro el brazo e incluso en otros contracciones de las extremidades inferiores".[8]

Al igual que a mediados del siglo XX los descubrimientos de Penfield pudieron interpretarse de forma triunfalista. Atendiendo, en aquellos entonces, a la concepción de un SNC estructurado en centros específicos. Hoy día, en base a nuestros conocimientos no pretendemos caer también en un sesgo de triunfalismo. Por ello, somos conscientes de que la plasticidad cerebral tiene sus limitaciones. Por ejemplo los mecanismos intrínsecos de la reorganización cortical no son del todo conocidos. Se admite que pueden depender tanto de fenómenos de ramificación neuronal como del desenmascaramiento de sinápsis ya existentes. Además se admite la posibilidad de varios tipos de plasticidad neuronal. Éstos dependen de diversas variables:

a) Por edades:
- plasticidad del cerebro en desarrollo.
- plasticidad del cerebro en periodo de aprendizaje.
- plasticidad del cerebro adulto.

b) Por patologías:
- plasticidad del cerebro malformado.
- plasticidad del cerebro con enfermedad adquirida.
- plasticidad neuronal en las enfermedades metabólicas.

c) Por sistemas afectados:
- plasticidad en las lesiones motrices.
- plasticidad en las lesiones que afectan a los sistemas sensitivos.
- plasticidad en la afectación del lenguaje.
- plasticidad en las lesiones que afectan a la inteligencia.

Sabemos, además, que en el SNC, a pesar de existir áreas con cierto grado de especificidad (en cuanto a funcionalidad), en general, funciona como un todo interdependiente. Rita Carter nos ilustra esta idea de funcionamiento holístico del cerebro en su libro: “El nuevo mapa del cerebro” como se refleja en la siguiente figura [9]:

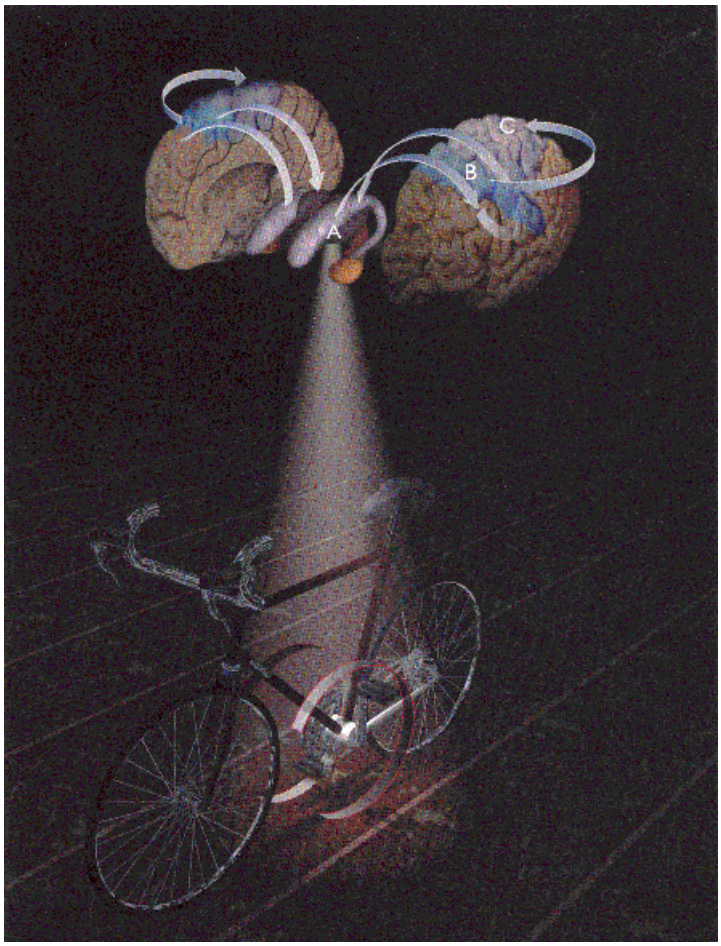


Figura 8

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

3 - "La via piramidal: nuevas trayectorias". Revista Neurología 2001; 32: 1151-8.

5 - "Plasticidad cerebral". Revista Neurología (Barc).1996, 24, 15:1361-1366].

6 – "Sensory maps in the human Brain". Nature 1994 vol. 368. pág. 592-593.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1 - ALCMEON: Revista Argentina de Clínica Neuropsiquiátrica. ***Año XII, vol 10, N°2, septiembre de 2001****.* *http://www.alcmeon.com.ar/10/38/mata.htm*

2 - Ramachandran."Fantasmas en el cerebro" <<saber dónde rascar>>. Capítulo 2.

4 – Web de la Universidad de Washington.
http://faculty.washington.edu/chudler/brainsize.html

7- "Afasia e plasticidade cerebral". CEFAC. Säo Paulo.
www.cefac.br/library/teses/ f1bbc9b7a4633e10a6a4ef6d551e3207.pdf

8- "Movimientos en espejo congénitos". Revista Neurología 1999; 28 (6): 600-608.

9- Rita Carter: "El nuevo mapa del cerebro". Capítulo 3.