



## Revisión

# Organización motora del córtex cerebral y el papel del sistema de las neuronas espejo. Repercusiones clínicas para la rehabilitación



Laia Sallés<sup>a,b,\*</sup>, Xavier Gironès<sup>a</sup> y José Vicente Lafuente<sup>c,d</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Fisioterapia, Universitat Internacional de Catalunya (UIC), Sant Cugat del Vallès, Barcelona, España

<sup>b</sup> Departamento de Fisioterapia, Fundació Universitària del Bages (UAB), Barcelona, España

<sup>c</sup> LaNCE, Departamento de Neurociencias, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), Leioa, Vizcaya, España

<sup>d</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, Santiago de Chile, Chile

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 23 de octubre de 2013

Aceptado el 18 de diciembre de 2013

On-line el 7 de marzo de 2014

## Palabras clave:

Homúnculo  
Neuronas espejo  
Organización motora  
Plasticidad  
Representación múltiple  
Somatotopía

## RESUMEN

Las características básicas del homúnculo de Penfield (somatotopía y representación única) han sido cuestionadas. La existencia de una organización anatomofuncional definida en la corteza cerebral entre segmentos de una misma región es controvertida. La presencia en el área motora primaria y en el lóbulo parietal de múltiples representaciones motoras interconectadas por circuitos parietofrontales y profusamente solapadas configuran una organización compleja. Todo ello sustenta la recuperación funcional después de un daño cerebral. En la organización del movimiento se puede incidir a través de la comprensión de las acciones y de las intenciones de los otros, lo que está mediado por la activación de los sistemas de neuronas espejo. El uso de funciones cognitivas (observación, imagen de la acción e imitación) desde la fase aguda del tratamiento permite la activación de las representaciones motoras sin necesidad de ejecutar la acción, y tiene un papel importante en el aprendizaje de patrones motores.

© 2013 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## The motor organization of cerebral cortex and the role of the mirror neuron system. Clinical impact for rehabilitation

## ABSTRACT

The basic characteristics of Penfield homunculus (somatotopy and unique representation) have been questioned. The existence of a defined anatomo-functional organization within different segments of the same region is controversial. The presence of multiple motor representations in the primary motor area and in the parietal lobe interconnected by parieto-frontal circuits, which are widely overlapped, form a complex organization. Both features support the recovery of functions after brain injury. Regarding the movement organization, it is possible to yield a relevant impact through the understanding of actions and intentions of others, which is mediated by the activation of mirror-neuron systems. The implementation of cognitive functions (observation, image of the action and imitation) from the acute treatment phase allows the activation of motor representations without having to perform the action and it plays an important role in learning motor patterns.

© 2013 Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Keywords:

Homunculus  
Mirror neurons  
Motor organization  
Plasticity  
Multiple representation  
Somatotopy

## Introducción

El conocimiento de la representación cortical del movimiento proviene fundamentalmente de los trabajos de Penfield et al. en la primera mitad del siglo xx<sup>1-3</sup>. En ellos identificaron una representación somatotópica y única de las diferentes partes del

cuerpo y postularon que la organización del movimiento seguía un orden secuencial<sup>4,5</sup>.

A lo largo de los años han ido surgiendo ideas críticas en relación con este concepto. El desarrollo de nuevas técnicas de estudio han puesto de manifiesto la existencia de representaciones corticales múltiples solapadas entre ellas<sup>5-7</sup>.

Estas evidencias llevan a considerar que la organización del movimiento requiere la activación de varias estructuras que trabajan en paralelo para integrar informaciones sensoriales y motoras, transformando todo ello en acciones motoras<sup>3</sup>.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lsalles@fub.edu (L. Sallés).

La complejidad anatómica y funcional del sistema motor se ve incrementada con la contribución de los sistemas de «neuronas espejo» (SNE), descubiertos por Rizzolatti y Sinigaglia a inicios de la década de 1990. Estos sistemas son el sustrato neural que permite comprender la implicación de funciones cognitivas como la observación, imitación e imagen de la acción en relación con la organización de los movimientos y su aprendizaje<sup>3,8</sup>.

El objetivo de este trabajo es revisar diferentes puntos de vista sobre la organización cortical del movimiento. Además, se hacen algunas consideraciones sobre la repercusión clínica que puede derivarse de la organización motora y su relación con las funciones cognitivas como posibles instrumentos de acción terapéutica en la recuperación del movimiento.

## Desarrollo

En 1937 Penfield y Boldrey presentan un mapa cortical (homúnculo) que representa las áreas corticales correspondientes a las diferentes partes del cuerpo<sup>4</sup>.

En 1950 Penfield y Rasmussen, mediante estimulación cortical directa en personas conscientes durante intervenciones quirúrgicas, precisaron la organización de aquel primer homúnculo, obteniendo el primer mapa del córtex motor y sensitivo por separado<sup>3,4</sup>. Estos mapas siguen una organización somatotópica (partes del cuerpo representadas en orden anatómico y de forma delimitada) y única, en la que se consideraba que no hay variaciones<sup>5</sup>.

Los autores postularon que las áreas motoras cerebrales solo se dedican a funciones ejecutivas. Según esta concepción del movimiento, el cerebro sigue un proceso organizado de forma secuencial, siguiendo el esquema: percepción → cognición → movimiento. Estos fenómenos están asociados a zonas corticales diferenciadas, el lenguaje en el área de Broca o la función motora en el área 4 de Brodmann<sup>3</sup>.

Todo ello tiene repercusiones en la comprensión de la organización del área motora primaria (M1). En primer lugar, cada zona cortical sería la única responsable de controlar una parte del cuerpo o un movimiento, lo que implica que si se lesiona una determinada zona cortical, el movimiento que depende de ella no será recuperable y, a su vez, limita el repertorio de movimientos a un número finito de combinaciones. En segundo lugar, el territorio cortical activado por el movimiento simultáneo de varios dedos debe ser superior al de un solo dedo, ya que debería ser la suma de la extensión de los territorios de cada uno<sup>1,6,9</sup>.

## Aportaciones al conocimiento de la organización anatomofuncional

El trabajo de Penfield fue cuestionado y considerado ambiguo en la segunda mitad del siglo xx. De hecho, el mismo Penfield advirtió de la posible inexactitud de sus mapas. El uso de electrodos demasiado grandes no permitía una investigación más precisa. Pero incluso con estas advertencias, la idea de una organización somatotópica y única se extendió y ejerció una importante influencia en la concepción de la organización cortical<sup>1,9</sup>. Estudios posteriores<sup>3,4,6</sup> con técnicas más sofisticadas han cuestionado las 2 características básicas del homúnculo: la somatotopía y la representación única.

Los estudios confirmaron un orden somatotópico de la representación de las grandes zonas del cuerpo (cara, extremidad superior e inferior), pero existen controversias sobre la organización anatómica y funcional de segmentos menores como dedos, muñeca, codo y hombro dentro de la representación de la extremidad superior<sup>1,9,10</sup>. Se puso de manifiesto la existencia de solapamientos entre áreas corticales conectadas entre sí a través de conexiones horizontales bidireccionales<sup>1,10</sup>. El solapamiento

implica que diferentes segmentos comparten la misma red neural. Diversos autores<sup>1,5</sup> consideran el solapamiento como el rasgo diferencial de M1, superando el concepto de organización somatotópica de Penfield<sup>2,9</sup>. Ello permite la cooperación entre los músculos proximales y distales, por ejemplo, en la extremidad superior, aportando así una mayor coordinación entre hombro, codo y muñeca para la realización de una tarea como es alcanzar un objeto<sup>1,9</sup>. Otros autores<sup>11,12</sup> abogan por la visión clásica, aceptan la existencia de un cierto grado de solapamiento y atribuyen a la somatotopía en M1 el control fino de los movimientos.

Aflalo y Graziano<sup>13,14</sup> apuntan la importancia de la práctica motora y el aprendizaje para pasar de un mapa somatotópico a otro con representaciones solapadas entre las distintas partes del cuerpo. Plantean el papel central de la plasticidad y la reorganización del córtex motor en este proceso, y ponen de manifiesto que a menor somatotopía, mayor complejidad de los movimientos.

Diversos estudios han comprobado la existencia de múltiples representaciones motoras de diferentes partes del cuerpo, presentando un cierto grado de solapamiento. La realización de un movimiento puede implicar la activación de varias áreas corticales, en ocasiones lejanas entre ellas<sup>2,15</sup>. En los 80, Strick y Preston<sup>16,17</sup> descubrieron 2 representaciones de la mano en la corteza motora del mono, observando que cada una de ellas se activaba como respuesta a diferentes aferencias somatosensoriales, una respondía al tacto y la otra a las aferencias propioceptivas. En 1986, Gould et al.<sup>6,9</sup> observaron, en monos anestesiados, que M1 presentaba una tendencia a la somatotopía de las representaciones de los diferentes segmentos, pero se producía la activación de varios focos cerebrales, distribuidos como un mosaico, para el movimiento de cualquier parte del cuerpo.

Además, esta distribución múltiple en mosaico está presente en la parte posterior del lóbulo parietal, estableciéndose interconexiones horizontales con otras áreas cerebrales que permiten el flujo de las aferencias somatosensoriales a la zona motora<sup>3,9,18</sup>. Funcionalmente, las distintas zonas motoras se conectan con las áreas parietales a través de los circuitos parietofrontales, conformando un sistema funcional<sup>3</sup>.

Con técnicas de neuroimagen se ha demostrado que para la exploración de objetos, sin control visual, son fundamentales las informaciones somatosensoriales táctiles y propioceptivas, así como la activación de los circuitos parietofrontales para la discriminación de formas y longitudes mediante el movimiento activo de los dedos<sup>19,20</sup>.

Lo mismo sucede en las acciones que requieren de la vista, en las que la información visual llega al lóbulo parietal y mediante la activación en paralelo y simultánea de los circuitos parietofrontales tiene lugar la transformación visuomotora. Esta incluye varios procesos, como son localizar el objeto en el espacio, su orientación, forma y tamaño, y controlar la trayectoria del desplazamiento de la extremidad superior<sup>18</sup>.

Los conocimientos sobre la complejidad del modelo de organización en paralelo del sistema motor permiten vislumbrar las posibilidades de reorganización después de un daño. La afectación de cualquiera de las estructuras implicadas raramente conlleva la pérdida del único elemento capaz de realizar una tarea; un determinado grupo de neuronas puede participar en la realización de más de una tarea<sup>21</sup>. El territorio cortical que se activa para el movimiento de un solo dedo es mayor que el del movimiento simultáneo de varios dedos, ya que mover de forma fragmentada un único dedo implica una mayor organización y control<sup>6,9,15</sup>. Basándose en estas evidencias, el sistema motor no puede ser reducido al marco de un mapa unitario ejecutor de órdenes originadas en áreas bien diferenciadas (como sería el caso del homúnculo de Penfield), sino que se debe considerar como una multiplicidad de estructuras que se activan simultáneamente en

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/3798998>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/3798998>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)