

ARTÍCULO DE REVISIÓN

La ilusión de la mano de goma: factores implicados, bases neurales y aplicaciones clínicas

The rubber hand illusion: involved factors, neural basis and clinical applications

José Antonio Villén R.¹, Ana Cristina Martín J.¹,
Francisco José Pérez-Díaz¹ y Juan Carlos López G.¹

The “Rubber Hand Illusion” is a procedure aimed to induce the sensation of an own hand through the efficient utilization of a false one in healthy people. Some modifications in original methods could weaken or even abolish the illusion. In addition, several personality traits could be involved in the intensity of subjective perception of the illusion, and some psychopathological traits could facilitate it. The neural substrate underlying to this cognitive phenomenon is very uncertain, even the current research have found several correlations between activity of some cerebral areas and the performance of illusion. The body awareness is an essential factor to a suitable interaction with the environment, and the disturbance of this process may cause serious mental diseases. The progress made at the Rubber Hand Illusion has helped to explore several fields where this procedure might be a good tool to detect some pathologies and their treatment.

Key words: Rubber hand, illusion, brain.
Rev Chil Neuro-Psiquiat 2015; 53 (4): 277-285

Introducción

Uno de los aspectos más destacados de la autoconciencia es el sentimiento de pertenencia del propio cuerpo. Existen patologías caracterizadas por la presencia de experiencias sensoriales anómalas en las que la conciencia corporal se encuentra alterada debido a un fracaso en la integración multisensorial. Ejemplos de ello lo constituyen personas con miembro fantasma tras la amputación de una extremidad¹ o pacientes con somatoparafenía². No obstante, es posible

producir temporalmente alteraciones claras de la conciencia corporal en personas sanas.

Mediante la Ilusión de la Mano de Goma (en adelante RHI, por sus siglas en inglés “Rubber Hand Illusion”) se puede inducir a un sujeto sano la vívida sensación de que una mano de goma es su propia mano. Esto se consigue ocultando de la vista del sujeto su mano real, y colocando una mano de goma y una tela imitando al brazo real. Posteriormente con un pincel u otro utensilio se toca la mano real y la mano falsa de forma sincrónica y en las mismas posiciones. Varios minutos

Recibido: 24/09/2015

Aceptado: 22/10/2015

Los autores no presentan ningún tipo de conflicto de interés.

¹ Departamento de Psicología Experimental. Facultad de Psicología. Universidad de Sevilla, Campus Ramón y Cajal.

después de que el participante observe el toque en la mano de goma y perciba al mismo tiempo el toque en su mano real empezará a experimentar que la mano de goma forma parte de su cuerpo^{3,4}. La ilusión también puede ser inducida en otras partes del cuerpo, como en la cara⁵ o incluso en el cuerpo completo⁶.

El objeto de esta revisión es acercar a los profesionales de la neuropsicología los últimos avances de una herramienta que podría ser de gran utilidad en el diagnóstico y tratamiento de diferentes patologías, como en el síndrome del miembro fantasma, la esquizofrenia o la anorexia.

Variables experimentales implicadas en la RHI

El fenómeno de incorporar un objeto externo a la propia imagen corporal está sujeto a una serie de condiciones, fundamentalmente relacionadas con estimulación visual, táctil y propioceptiva. Veamos a continuación cómo las diferentes señales contribuyen a la aparición o modulación de la RHI.

Una de las condiciones imprescindibles para que se dé la RHI es que los toques en la mano real y falsa deben ser sincrónicos^{3,7}. De hecho, en investigaciones sobre RHI se emplea como condición de control un grupo de sujetos en el que los toques son asincrónicos. Asimismo, para elicitar la ilusión no sólo es necesario que los toques se den de forma sincrónica, sino que además deben realizarse en las mismas localizaciones de ambas manos⁸.

Aunque es necesario que exista una coincidencia espacio-temporal entre los toques, no parece ser importante que exista una coherencia entre el aspecto de la mano real y de la mano falsa, ya que diferencias tales como color de la piel⁹ o la rugosidad del objeto con el que se toca la mano¹⁰ no influyen en la aparición de la ilusión. Incluso ha sido inducida utilizando globos en lugar de una mano falsa¹¹. Estos resultados podrían llevar a pensar que el procesamiento descendente o *top-down* (es decir, la existencia de una representación corporal interna que se compare con el objeto externo) no es necesario en la RHI, mientras que el procesamiento

ascendente o *bottom-up* (correlación viso-táctil entre los toques) sí lo es. Sin embargo, el hecho de que una posición incongruente de la mano real con respecto a la mano de goma interfiera en la aparición de la ilusión⁴ sugiere que para poder generar la ilusión se requiere un procesamiento que cuente con modelos internos de representación, o lo que es lo mismo, un procesamiento de arriba-abajo.

La distancia entre las manos es otro factor relevante en la aparición de la ilusión, aunque aparece con matices. Las primeras evidencias apuntaban a que si la mano real y la mano falsa estaban muy lejos la ilusión se abolía¹². No obstante, dicho trabajo no tuvo en cuenta que si alguna de las manos cruza la línea media del cuerpo la ilusión es abolida¹³. Por ello, en una investigación se controló esta variable y se encontró que la ilusión se sigue produciendo aun cuando la mano real está lejos de la mano falsa, siempre y cuando la mano falsa se encuentre entre el cuerpo y la mano real, es decir, dentro de lo que se conoce como “espacio peripersonal”¹⁴. Estudios han encontrado que el cerebro del macaco, concretamente la corteza premotora, contiene campos neuronales que responden selectivamente a objetos que están cerca del cuerpo (lo que se ha denominado espacio peripersonal). Además estos campos contienen neuronas bimodales que responden a estimulación tanto táctil como visual¹⁵, lo cual podría indicar que la RHI sólo es efectiva si el cerebro detecta la mano falsa dentro del espacio peripersonal.

Por otro lado, investigadores midieron la temperatura de la mano que quedaba oculta mientras los sujetos realizaban la RHI y observaron que durante la ilusión se producía una disminución significativa de la temperatura que era específica de esa mano (otras partes del cuerpo no mostraron disminución de la temperatura)¹⁶. La RHI produce cambios en la temperatura de la piel, pero ¿Podría darse esta relación en la dirección opuesta? En otro estudio manipularon la temperatura de la mano real que quedaba oculta y comprobaron que si se disminuía artificialmente la temperatura de la mano real la ilusión se producía con mucha mayor fuerza, mientras que el calentamiento de la mano daba lugar a una disminución de la ilusión¹⁷. Se ha

relacionado esta termorregulación con el sentido de propiedad del cuerpo, y a su vez con determinadas áreas cerebrales que serán desarrolladas en el apartado de bases neurales.

Es evidente que la percepción táctil y visual juegan un papel esencial en la percepción de la posición relativa de nuestro cuerpo, aun así, otras entradas sensoriales, como son las señales interoceptivas procedentes del sistema vestibular también contribuyen a la determinación del propio movimiento y la orientación del cuerpo en el espacio¹⁸. La estimulación vestibular galvánica produce un incremento de la ilusión y por tanto, un mayor sentido de pertenencia de la mano de goma¹⁹.

Como se puede ver, son muchas las condiciones experimentales que pueden hacer variar la RHI, si bien es razonable que así sea debido a las diferentes modalidades sensoriales que participan en la generación de la ilusión.

Factores individuales y psicopatológicos implicados en la RHI

Desde que se realizó el primer experimento sobre la RHI³ se ha producido un aumento exponencial en el número de investigaciones sobre el tema. Esta tendencia puede atribuirse al interés que los investigadores están prestando a los trastornos de la representación corporal.

En pacientes esquizofrénicos son comunes las distorsiones de la realidad, tanto exterior como interior. La RHI ha sido empleada en un intento por entender las alteraciones en el procesamiento de sí mismo y el sentido de propiedad. Las investigaciones muestran que la ilusión se produce con mayor intensidad en pacientes esquizofrénicos que en sujetos sanos²⁰. A pesar de que los toques han de ser sincrónicos para que se produzca la ilusión (tal y como presentábamos en el apartado de variables experimentales), en esquizofrénicos la RHI es tan vívida en la condición de toques sincrónicos como en la de toques asincrónicos²¹. Una hipótesis que se plantea sobre estos hallazgos es que los pacientes esquizofrénicos perciban los toques asincrónicos como si fuesen sincrónicos debido a que poseen

una ventana temporal más amplia para detectar estímulos bimodales separados como si fueran simultáneos²², así como la presencia de alteraciones en áreas asociativas del cerebro²³.

Otros trastornos que manifiestan una clara perturbación de la imagen corporal son los trastornos de la conducta alimentaria (en adelante TCA). En primer lugar hay que señalar la importancia de los factores sociales (idealización del cuerpo, presión social) en la aparición de los TCA²⁴ si bien no todo el mundo desarrolla estos trastornos. Por ello, algunos autores proponen otros factores de riesgo para los TCA, como por ejemplo la existencia de una mayor maleabilidad o inestabilidad de la imagen corporal en personas con vulnerabilidad a sufrir TCA. Esta hipótesis se vería confirmada por la existencia de una relación entre sintomatología TCA (en poblaciones no clínicas) y una mayor sensibilidad a la RHI²⁵. En investigaciones posteriores se ha observado que en la RHI aproximadamente el 23% de la varianza puede ser explicada por sintomatología relacionada con TCA, lo que manifiesta, presuntamente, una conciencia corporal más plástica en personas con TCA²⁶. No obstante, en estos experimentos no encontramos alusiones a la temperatura corporal de estos pacientes. Las personas con anorexia nerviosa tienen una temperatura corporal reducida²⁷, y sabemos que una reducción en la temperatura de la mano puede conducir a aumentar la intensidad de la RHI¹⁷. Por tanto, quizás sea la reducida temperatura corporal de personas con TCA la que produce una mayor sensibilidad a la RHI, y no la teórica maleabilidad de la imagen corporal. Futuras investigaciones deberían considerar esta variable y controlar su posible influencia.

Aparte de que ciertas afectaciones psiquiátricas (Esquizofrenia y TCA) son más sensibles a la RHI, existen factores de personalidad que pueden modular la ilusión. Algunos de esos factores son los rasgos esquizotípicos y empáticos de la personalidad, que se asocian a una mayor sensibilidad a la RHI²⁸. Los autores de este estudio sostienen que la mayor susceptibilidad a la RHI de las personas empáticas y las personas con rasgos esquizotípicos de la personalidad se debe a que ambos grupos tienen un sistema de neuronas espejo alterado²⁹.

Otro experimento confirma que la personalidad esquizotípica correlaciona positivamente con la intensidad de la RHI, así como la personalidad paranoide y la búsqueda de novedad, mientras que la evitación del daño correlaciona negativamente con la RHI³⁰.

Un detalle que observamos a lo largo de la revisión es que no aparece un denominador común entre los distintos factores psicopatológicos y de personalidad en relación a la RHI. Unos autores se refieren a un sistema de neuronas espejo alterado, otros hablan de un déficit de procesamiento en áreas asociativas del cerebro, y otros de una mayor maleabilidad de la imagen corporal. La interpretación que proponemos a esta variedad de explicaciones es la complejidad del fenómeno y la implicación de muy diferentes mecanismos y áreas cerebrales en la RHI, tal y como vamos a ver en el siguiente apartado.

Bases neurales

La investigación sobre la RHI ha puesto desde el principio un énfasis especial en la explicación neurobiológica del fenómeno. La mayoría de estas explicaciones se han propuesto desde un nivel estructural³¹⁻³³ aunque también existen algunos estudios que han analizado la ilusión a nivel molecular. En esta línea, el hecho de que pacientes esquizofrénicos sean más sensibles a la RHI^{20,21} y de que tengan una hiperactividad en su sistema dopaminérgico cerebral³⁴ ha llevado a algunos autores a considerar la posibilidad de que la dopamina se encuentre implicada en la RHI. Efectivamente estos autores han encontrado que la administración de dexamfetamina (un agonista dopaminérgico) aumenta la intensidad de la ilusión, tanto en la condición sincrónica como en la asincrónica³⁵. Estos datos darían una base cerebral a la hipótesis de que en esquizofrénicos la RHI es efectiva en la condición sincrónica y asincrónica debido a una ventana temporal más amplia para percibir estímulos separados como simultáneos²²: dicha base sería la hiperactividad dopaminérgica. Por otra parte, la ketamina se ha propuesto como un excelente

mimetizador de la sintomatología psicótica tanto negativa como positiva³⁶ y al igual que la dexamfetamina, también aumenta la potencia de la RHI en la condición sincrónica y asincrónica³⁷. Los autores de dicha investigación ofrecen algunos argumentos para explicar sus resultados, aunque en ellos no han tenido en cuenta la capacidad de la ketamina de liberar dopamina en el cerebro³⁸ la cual podría ser en última instancia la que modulase la ilusión.

A nivel estructural, la RHI requiere la participación de varios sentidos y por tanto, se necesita una correcta integración multisensorial para que se produzca. En el cerebro, las áreas de asociación son las encargadas de integrar estímulos de diferente naturaleza. Áreas tales como la corteza premotora y la corteza parietal están involucradas en la representación multisensorial de la posición de las extremidades³⁹, y es precisamente en estas regiones (corteza premotora y parietal) donde se ha observado una mayor actividad cerebral durante la inducción de la RHI, así como en el cerebelo³² y en la ínsula⁴⁰.

Respecto a la corteza premotora, concretamente la corteza premotora ventral (PMv), se ha propuesto como una región encargada de la representación multisensorial del propio cuerpo (integración de información visual, táctil e interoceptiva), de forma que la actividad de la PMv durante la RHI podría reflejar la readaptación de las señales visuales y táctiles³¹. Tal y como comentábamos anteriormente, la corteza premotora procesa estímulos visuales que se encuentran dentro del espacio peripersonal (referencia), de forma que existía la posibilidad de que la activación de esta zona durante la RHI reflejara el simple procesamiento visual de la mano de goma cerca del cuerpo, y no la representación multisensorial del cuerpo. Para comprobarlo un experimento empleó la RHI sin influencia visual y encontró que la activación en la corteza premotora se produce selectivamente debido a la integración multisensorial, descartando que la activación de esa zona se deba solamente al procesamiento visual de objetos en el espacio peripersonal³³.

En cuanto a la corteza parietal se ha demostrado que la inhibición de la corteza ífero-posterior del lóbulo parietal mediante estimulación mag-

nética transcranial produce un decremento de la experiencia subjetiva de la RHI³², y se ha relacionado esta región con la integración de estimulación visual, táctil y propioceptiva³¹.

El cerebelo se ha asociado al análisis temporal de las entradas sensoriales⁴¹, y específicamente en la RHI podría estar implicado en el análisis de la sincronía de las caricias³³. Esta región recibe conexiones tanto de la corteza premotora como de la parietal a través de los núcleos del puente, y envía conexiones a las mismas a través de los núcleos dentados y el tálamo ventro-lateral⁴².

Por otra parte, se ha conseguido dissociar el componente de integración multisensorial y el sentido de propiedad de la mano, siendo la ínsula posterior derecha la responsable del sentido de propiedad de la mano durante la RHI⁴⁰. Una de las particularidades de la ínsula es que se considera un área encargada de la termorregulación corporal⁴³. Siguiendo esta línea, si la ínsula derecha se encarga tanto de la termorregulación como del sentido de propiedad del cuerpo es muy probable que la temperatura modifique la actividad neuronal en la ínsula y por tanto, module el sentido de propiedad de la mano en la RHI (y viceversa).

La dificultad que entraña la explicación neurológica de la RHI radica en la gran cantidad de

componentes que intervienen (percepción visual, táctil e interoceptiva, procesos de atención, regulación autonómica, sentido de propiedad, espacio peripersonal, etc.), aunque los experimentos están consiguiendo dissociar cada componente y asignar a cada uno áreas cerebrales concretas. A continuación se ofrece un modelo esquemático de los módulos cerebrales que participan y su función en la RHI (Figura 1).

Aplicaciones clínicas de la RHI

La población con sintomatología relacionada con los TCA ha sido estudiada mediante el paradigma de la RHI²⁶ y según los investigadores muestran una conciencia corporal más plástica que personas normales. Por ello plantean que el procedimiento de la RHI podría ser utilizado para identificar a las personas más sensibles a intervenciones dirigidas a corregir las percepciones erróneas sobre el propio cuerpo^{25,26}.

Un experimento consiguió reproducir la RHI en pacientes tetraplégicos (no podían percibir estímulos táctiles en ninguna de sus extremidades)⁴⁴. Para entender el procedimiento hay que tener en cuenta que en personas a las que se les ha amputado una extremidad o simplemente han dejado de

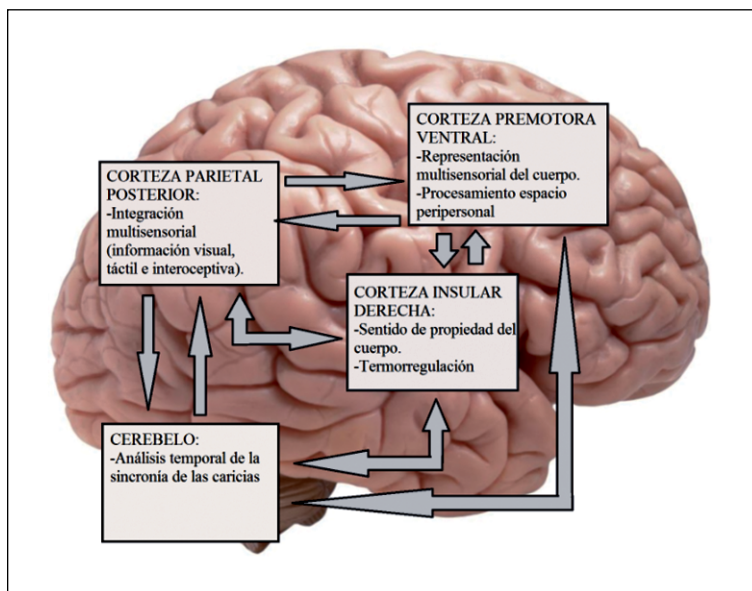


Figura 1. Representación esquemática del hipotético circuito neuronal que participaría en el fenómeno de la RHI. La dopamina sería el principal neurotransmisor que modula el funcionamiento neuronal en la ilusión.

percibir debido a algún tipo de lesión (por ejemplo tetrapléjicos), se produce una reorganización de los mapas corticales contenidos en el cerebro, de forma que una región que se activa normalmente (por ejemplo la región que procesa los estímulos procedentes de la cara) invade zonas adyacentes que no están siendo activadas debido a la ausencia de estimulación aferente (por ejemplo las regiones que procesan la información proveniente de las manos que ya no están siendo activadas). Esta reorganización se produce mediante un proceso de competencia neuronal⁴⁵. Por ello, personas que no pueden percibir estimulación en sus manos, al ser tocados en algunas partes de su cara tienen la sensación de que le están tocando la mano o los dedos de la mano¹. Siguiendo esta lógica, investigadores estimularon sincrónicamente una mano de goma y la cara de pacientes tetrapléjicos logrando replicar la ilusión en este grupo de pacientes⁴⁴. Este procedimiento podría ser utilizado en personas a las que les han amputado una extremidad y en su lugar les han implantado una prótesis para así mejorar el sentimiento de pertenencia de la prótesis. En personas tetrapléjicas el sentimiento de pertenencia del propio cuerpo también puede verse comprometido, por lo que la ilusión mejoraría esta circunstancia.

Antes de que emergiera el procedimiento original de la RHI³, se descubrió una forma de aliviar el dolor de pacientes que sufrían lo que se conoce como “miembro fantasma” debido a la amputación previa de una extremidad. Utilizando una caja y un espejo hicieron que el paciente afectado observase el movimiento de su mano simultáneamente al movimiento de la mano reflejada en el espejo, haciendo como si en el otro lado del espejo se encontrase su mano real. Tras varias sesiones la sensación de miembro fantasma desaparecía junto con el dolor⁴⁶.

El número de trastornos al que se puede aplicar la RHI aún es limitado, aunque se trata de un método relativamente reciente. Así pues, las innovaciones metodológicas y tecnológicas podrían desvelar en el futuro nuevas soluciones terapéuticas a pacientes que sufran un déficit en la representación multisensorial del cuerpo.

Conclusiones

La neurociencia empieza a acercarse al estudio objetivo de la conciencia mediante toda la serie de experimentos presentados. No obstante, no resulta tarea fácil analizar un proceso cognitivo (la conciencia) que a su vez depende de otros tantos procesos cognitivos para funcionar. Es innumerable la cantidad de variaciones que pueden modular la RHI, circunstancia que refleja la enorme complejidad de la ilusión y la implicación de tan diversos procesos (percepción táctil, visual e interoceptiva, atención, etc.). Por ello, es imprescindible que antes de estudiar la ilusión, el investigador conozca de antemano todos los factores que puedan influir en los resultados para poder controlarlos de forma previsible. Como ejemplo, la interpretación de los resultados de las investigaciones sobre RHI y TCA^{25,26} que desde nuestro punto de vista es cuanto menos precipitada. Los autores proponen que la mayor sensibilidad de las personas con TCA a la RHI tiene su razón de ser en la mayor maleabilidad de la percepción corporal de estos pacientes, sin embargo, en su estudio no mencionan ni una sola vez la palabra “*temperature*” (ni siquiera en su introducción), cuando los pacientes anoréxicos sufren un descenso importante de la temperatura corporal. Y es más que probable que realmente las personas con TCA sientan la ilusión con mayor intensidad debido a un descenso de temperatura que modifica la actividad neuronal en la ínsula y dé lugar a una pérdida más notable del sentido de pertenencia del cuerpo.

Respecto a los factores individuales y psicopatológicos, es cierto que existe evidencia más que suficiente de que varios de ellos pueden afectar el modo en que se experimenta la RHI, aunque las explicaciones de cada uno son totalmente divergentes y no aparece un nexo común. Nosotros encontramos una justificación de esto en las bases neurales del fenómeno. Existen múltiples áreas que se activan en la RHI (y que presumiblemente se encuentran implicadas), por lo que cualquier daño o cambio molecular en alguna de esas zonas puede hacer que la RHI se experimente más o menos vívidamente. De forma que cualquier psicopatología que se asocie a un cambio importante en la estruc-

tura cerebral podría dar lugar a una sensibilidad diferente a la ilusión.

Que la RHI se encuentre modulada por diversos factores individuales y psicopatológicos hace que sea inespecífica para diagnosticar trastornos, si bien la disociación de los diferentes elementos de la ilusión podría permitir en el futuro detectar ciertas patologías mediante este método.

El auge de las investigaciones utilizando la RHI está allanando el camino para los clínicos que emplean este método con fines terapéuticos. Actualmente se presenta limitada a un reducido número de dolencias, aunque es previsible que su aplicación se extienda con el desarrollo de nuevos experimentos y nuevas tecnologías, como por ejemplo los avances en realidad virtual.

Resumen

La "Ilusión de la Mano de Goma" es un procedimiento que permite inducir a un sujeto sano la sensación de que una mano falsa es su propia mano. Pequeñas modificaciones en el método original puede alterar o incluso abolir la ilusión. Asimismo se han detectado varios factores individuales que influyen en la intensidad de la vivencia subjetiva de la ilusión, además de ciertos rasgos psicopatológicos sensibles a la aparición de la misma. Como cualquier fenómeno cognitivo, la ilusión de la mano de goma tiene un sustrato neural, y aunque sigue siendo incierto, las recientes investigaciones han detectado ciertas correlaciones entre distintas áreas cerebrales y la aparición de la ilusión. La conciencia corporal es fundamental para una correcta interacción con el entorno circundante, por lo que su perturbación puede causar una auténtica psicopatología. Los avances en el paradigma de la ilusión de la mano de goma están permitiendo conocer los distintos ámbitos donde este procedimiento puede resultar un buen instrumento para la detección y el tratamiento de distintas patologías.

Palabras clave: Mano de goma, ilusión, cerebro.

Referencias bibliográficas

1. Ramachandran VS, Hirstein W. The perception of phantom limbs. The D.O. Hebb lecture. *Brain* 1998; 121 (9): 1603-30.
2. Donoso A, Silva H, Sinning M. Somatoparafrenia: Presentación de tres casos. *Rev Chil Neuro-Psiquiat* 2005; 43 (4): 337-43.
3. Botvinick M, Cohen J. Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature* 1998; 391 (6669): 756.
4. Tsakiris M, Haggard P. The rubber hand illusion revisited: Visuotactile integration and self-attribution. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2005; 31 (1): 80-91.
5. Sforza A, Bufalari I, Haggard P, Aglioti SM. My face in yours: Visuo-tactile facial stimulation influences sense of identity. *Soc Neurosci* 2010; 5 (2): 148-62.
6. Ehrsson HH. The experimental induction of out-of-body experiences. *Science* 2007; 317 (5841): 1048.
7. Armel KC, Ramachandran VS. Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *Proc Biol Sci* 2003; 270 (1523): 1499-506.
8. Constantini M, Haggard P. The rubber hand illusion: sensitivity and reference frame from body ownership. *Conscious Cogn* 2007; 16 (2): 229-40.
9. Farmer H, Tajadura-Jiménez A, Tsakiris M. Beyond the colour of my skin: How skin colour

- affects the sense of body-ownership. *Conscious Cogn* 2012; 21 (3): 1242-56.
10. Schütz-Bosbach S, Tausche P, Weiss C. Roughness perception during the rubber hand illusion. *Brain cogn* 2009; 70 (1): 136-44.
 11. Ma K, Hommel B. Body-ownership for actively operated non-corporeal objects. *Conscious Cogn* 2015; 36: 75-86.
 12. Lloyd DM. Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand. *Brain Cogn* 2007; 64 (1): 104-9.
 13. Cadieux ML, Whitworth K, Shore DI. Rubber hands do not cross the midline. *Neurosci Lett* 2011; 504 (3): 191-4.
 14. Preston C. The role of distance from the body and distance from the real hand in ownership and disownership during the rubber hand illusion. *Acta Psychol (Amst)* 2013; 142 (2): 177-83.
 15. Rizzolatti G, Scandolara C, Matelli M, Gentilucci M. Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses. *Behav Brain Res* 1981; 2 (2): 147-63.
 16. Moseley GL, Olthof N, Venema A, Don S, Wijers M, Gallace A, *et al.* Psychologically induced cooling of a specific body part caused by the illusory ownership of an artificial counterpart. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008; 105 (35): 13169-73.
 17. Kammers MP, Rose K, Haggard P. Feeling numb: Temperature, but not thermal pain, modulates feeling of body ownership. *Neuropsychologia* 2011; 49 (5): 1316-21.
 18. Day BL, Fitzpatrick RC. The vestibular system. *Current Biology* 2005; 15 (15): 583-6.
 19. López C, Lenggenhager B, Blanke O. How vestibular stimulation interacts with illusory hand ownership. *Conscious Cogn* 2010; 19 (1): 33-47.
 20. Peled A, Ritsner M, Hirschmann S, Geva AB, Modai I. Touch feel illusion in schizophrenic patients. *Biol Psychiatry* 2000; 48 (11): 1105-8.
 21. Thakkar KN, Nichols HS, McIntosh LG, Park S. Disturbances in body ownership in schizophrenia: evidence from the rubber hand illusion and case study of a spontaneous out-of-body experience. *PLoS One* 2011; 6 (10): e27089.
 22. Foucher JR, Lacambre M, Pham BT, Giersch A, Elliott MA. Low time resolution in schizophrenia Lengthened windows of simultaneity for visual, auditory and bimodal stimuli. *Schizophr Res* 2007; 97 (1-3): 118-27.
 23. Peled A, Pressman A, Geva AB, Modai I. Somatosensory evoked potentials during a rubber-hand illusion in schizophrenia. *Schizophr Res* 2003; 64 (2-3): 157-63.
 24. Portela ML, Da Costa H, Mora M, Raich RM. La epidemiología y los factores de riesgo de los trastornos alimentarios en la adolescencia; una revisión. *Nutr Hosp* 2012; 27 (2): 391-401.
 25. Mussap AJ, Salton N. A 'rubber-hand' illusion reveals a relationship between perceptual body image and unhealthy body change. *J Health Psychol* 2006; 11 (4): 627-39.
 26. Eshkevari E, Rieger E, Longo MR, Haggard P, Treasure J. Increased plasticity of the bodily self in eating disorders. *Psychol Med* 2012; 42 (4): 819-28.
 27. Wakeling A, Russell G. Disturbances in the regulation of body temperature in anorexia nervosa. *Psychol Med* 1970; 1 (1): 30-9.
 28. Asai T, Mao Z, Sugimori E, Tanno Y. Rubber hand illusion, empathy, and schizotypal experiences in terms of self-other representations. *Conscious Cogn* 2011; 20 (4): 1744-50.
 29. Buccino G, Amore M. Mirror neurons and the understanding of behavioural symptoms in psychiatric disorders. *Curr Opin Psychiatry* 2008; 21 (3): 281-5.
 30. Kallai J, Hegedüs G, Feldmann A, Rózsa S, Darmai G, Herold R, *et al.* Temperament and psychopathological syndromes specific susceptibility for rubber hand illusion. *Psychiatry Res* 2015; 229 (1-2): 410-9.
 31. Ehrsson HH, Spence C, Passingham RE. That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science* 2004; 305 (5685): 875-7.
 32. Kammers M, Verhagen L, Dijkerman HC, Hogenboom H, De Vignemont F, Schutter DJ. Is this hand for real? Attenuation of the rubber hand illusion by transcranial magnetic stimulation over the inferior parietal lobule. *J Cogn Neurosci* 2008; 21 (7): 1311-20.

33. Ehrsson HH, Holmes NP, Passingham RE. Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *J Neurosci* 2005; 25 (45): 10564-73.
34. O'Donnell P. Cortical disinhibition in the neonatal ventral hippocampal lesion model of schizophrenia: New views on possible therapeutic approaches. *Pharmacol Ther* 2012; 133 (1): 19-25.
35. Albrecht MA, Martin-Iverson MT, Price G, Lee J, Iyyalol R, Waters F. Dexamphetamine effects on separate constructs in the rubber hand illusion test. *Psychopharmacology* 2011; 217 (1): 39-50.
36. Thornberg SA, Saklad SR. A review of NMDA receptors and the phencyclidine model of schizophrenia. *Pharmacotherapy* 1996; 16 (1): 82-93.
37. Morgan HL, Turner DC, Corlett PR, Absalom AR, Adapa R, Arana FS, *et al.* Exploring the impact of ketamine on the experience of illusory body ownership. *Biol Psychiatry* 2011; 69 (1): 35-41
38. Aalto S, Ihalainen J, Hirvonen J, Kajander J, Scheinin H, Tanila H, *et al.* Cortical glutamate-dopamine interaction and ketamine induced psychotic symptoms in man. *Psychopharmacology* 2005; 182 (3): 375-83.
39. Lloyd DM, Shore DI, Spence C, Calvert GA. Multi-sensory representation of limb position in human premotor cortex. *Nat Neurosci* 2003; 6 (1): 17-8.
40. Tsakiris M, Hesse MD, Boy C, Haggard P, Fink GR. Neural signatures of body ownership: a sensory network for bodily self-consciousness. *Cereb Cortex* 2007; 17 (10): 2235-44.
41. Blakemore SJ, Frith CD, Wolpert DM. The cerebellum is involved in predicting the sensory consequences of action. *Neuroreport* 2011; 12 (9): 1879-84.
42. Clower DM, West RA, Lynch JC, Strick PL. The inferior parietal lobule is the target of output from the superior colliculus, hippocampus, and cerebellum. *J Neurosci* 2001; 21 (16): 6283-91.
43. Karnath HO, Baier B. Right insula for our sense of limb ownership and self-awareness of actions. *Brain Struct Funct* 2010; 214 (5-6): 411-7.
44. Scandola M, Tidoni E, Avesani R, Brunelli G, Aglioti SM, Moro V. Rubber hand illusion induced by touching the face ipsilaterally to a deprived hand: evidence for plastic "somatotopic" remapping in tetraplegics. *Front Hum Neurosci* 2014; 8 (404): 1-11.
45. Tandon S, Kambi N, Lazar L, Mohammed H, Jain N. Large-scale expansion of the face representation in somatosensory areas of the lateral sulcus after spinal cord injuries in monkeys. *J Neurosci* 2009; 29 (38): 12009-19.
46. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci* 1996; 263 (1369): 377-86.

Correspondencia:

José Antonio Villén Raya
 Urb/Los Naranjos nº 36. Carmona, 41410.
 Sevilla. España.
 Teléfono de contacto: 675120927
 E-mail: josvilray1@gmail.com