

# OPINIONES, DEBATES Y CONTROVERSIAS

## NEURONAS ESPEJO Y EL APRENDIZAJE EN ANESTESIA

Learning anaesthesia and mirror neurons

### Resumen

Las neuronas espejo fueron descritas inicialmente en primates de la especie *Macaca nemestrina* hacia el año 1990 por el neurofisiólogo Giacomo Rizzolatti y su grupo de la Universidad de Parma, en Italia. Son neuronas motoras que activan cuando el individuo observa la acción concreta para la que están predeterminadas sin generar ningún tipo de actividad motora. En la actualidad se considera que estas neuronas participan en procesos de adaptación al entorno social ya que permiten no solamente comprender las acciones sino también las intenciones de otros individuos. Se les atribuye función en los procesos de aprendizaje simple a través de la observación y la imitación que pueden ser aprovechados en la enseñanza de la anestesiología.

**Palabras clave:** neuronas espejo, anestesiología, aprendizaje. (DeCS).

**Bautista J, Navarro JR.** Neuronas espejo y el aprendizaje en anestesia. *Rev Fac Med.* 2011; 59:339-351.

### Summary

Mirror neurons were initially described in primates from the *Macaca nemestrina* species around 1990 by the neurophysiologist Giacomo Rizzolatti and his group from Parma University in Italy. They are motor neurons which become activated when an individual observes a concrete action for which they are predetermined without any type of motor activity being produced. It is currently considered that these neurons participate in adapting to the social setting since they lead to understanding other individuals' actions and intentions. A function has been ascribed to them regarding simple learning through observation and imitation which can be exploited in teaching anesthesiology.

**Keywords:** mirror neurons, anesthesiology, learning. (MeSH).

**Bautista J, Navarro JR.** Learning anaesthesia and mirror neurons. *Rev Fac Med.* 2011; 59:339-351.

## Introducción

La comprensión y el entendimiento de los procesos que regulan fenómenos como la evolución, la vida y el pensamiento humano han sido un continuo y permanente objetivo para los investigadores. Aprovechar los conocimientos obtenidos a través de la investigación para dar solución a problemas frecuentes de la raza humana, hace que resolver todos aquellos interrogantes sea una forma de impactar sobre los estilos y las condiciones de vida de los seres humanos. Es algo más que simplemente resolver inquietudes científicas o académicas. Así pues, no es suficiente lograr conocimientos acerca del descubrimiento de las neuronas espejo, su evolución y su fisiología si no se contemplan también las aplicaciones de esos conocimientos en aspectos cotidianos y prácticos de la vida diaria. El descubrimiento de las neuronas espejo, que para la historia de la humanidad es relativamente reciente, ha permitido romper algunos paradigmas de la neurofisiología clásica. Algunos científicos han afirmado que el descubrimiento de las neuronas espejo para la neurofisiología tiene la misma importancia que tuvo por ejemplo el descubrimiento del ADN para la biología (1).

A partir del descubrimiento de las cualidades de estas células, su funcionamiento y significado se han emprendido líneas de investigación dirigidas a resolver problemas relacionados con trastornos del aprendizaje, trastornos del lenguaje, rehabilitación funcional, etc (2-4). Uno de los mecanismos que mantiene estrecha relación con la función de las neuronas espejo es la imitación, a la cual se le atribuye un papel muy importante en el aprendizaje, principalmente de habilidades motoras (5). El adecuado ejercicio de la anestesiología se desarrolla a partir de un delicado entramado de conocimientos teóricos, experiencia, juicio clínico y habilidades y destrezas motoras que en conjunto permiten proporcionar al paciente un manejo apropiado y preciso antes, durante y después de su condición quirúrgica. Así pues, el perfeccionamiento de dichas habilidades y destrezas motoras es fundamental para la formación de los anestesiólogos y algunas herramientas para lograr ese objetivo surgen del conocimiento actual sobre las neuronas espejo: la observación y la imitación (6).

## Historia

Giacomo Rizzolatti, en la universidad de Parma, en Italia, investigaba en primates de la especie *Macaca nemestrina* buscando propiedades visuales en el sistema motor. Para ello implantó quirúrgicamente electrodos en sus cerebros y dirigió su atención sobre el área F5 de la corteza cerebral premotora. Esta parte de la neocorteza es responsable de planificar, seleccionar y ejecutar movimientos, además de codificar un comportamiento motor específico (1). Hacia finales de la década de los años ochenta e inicios de los noventa, ocurrió algo inesperado en el laboratorio de Rizzolatti. Uno de los investigadores de su grupo, el neurólogo Vittorio Gallese se percató de la actividad neuronal de ciertas motoneuronas asociadas a movimientos prensiles en un primate que desprevénidamente lo estaba observando tomar un objeto con la mano. Lo llamativo de este acontecimiento fue que el animal permanecía inmóvil. Este suceso inicialmente generó confusión ya que no era fácil entender el hecho de que las neuronas motoras se activaran simplemente ante la percepción de las acciones o movimientos de otro individuo, sin que se generara movimiento alguno. Este interesante fenómeno tendría un significado muy relevante inicialmente en cuanto al entendimiento de las relaciones sociales. Luego de que el grupo de Rizzolatti y otros grupos de



**Figura 1.** *La taza de Té (11)*

investigación reprodujeran estos hallazgos, se llegó a la conclusión de que estas neuronas motoras tenían funciones adicionales no motoras, relacionadas con la comprensión de las acciones de otros individuos y el entendimiento de la intención detrás de dichas acciones (1), con lo que se planteó que las neuronas espejo aparecieron en un momento dado de la evolución de las especies para proporcionar un mecanismo de reconocimiento y comprensión de las acciones de los individuos en entornos sociales (7).

### **Evolución**

Luego del descubrimiento de la activación de las motoneuronas en el área F5 de la corteza prefrontal de los primates, se describió la presencia de neuronas con las mismas características en el lóbulo parietal inferior (8). Estas dos áreas configuran un circuito complejo de comunicación entre la corteza frontal y la corteza parietal involucrado en la organización de las acciones motoras (9). El papel que se le atribuyó a este circuito fue el de la comprensión de las acciones motoras ejecutadas por otro individuo, cuando esta acción se encontraba almacenada dentro del repertorio de movimientos de quien observaba la acción (9). Posteriormente se encontró que la activación de estas neuronas podría estar relacionada también con el entendimiento del objetivo o la finalidad de dicha acción antes de que esta hubiese concluido (10). Este conocimiento se logró gracias a un experimento ampliamente reconocido dentro de la investigación en neuronas espejo: la taza de té. A los sujetos sometidos al estudio se les mostraba una taza de té en varios escenarios diferentes. Luego una mano entraba a la escena a retirar la taza, y en los sujetos se activaban sus sistemas de neuronas espejo en grados diferentes en cada escenario (11).

En el primer escenario la taza se encontraba completamente sola. En el segundo, se encontraba acompañada de galletas y otros bocadillos. En el tercer escenario se encontraba acompañada de sobras y migajas de galletas. El grado de activación máximo de estas neuronas se alcanzó en el segundo escenario, presumiblemente porque sugería la intención de ingerir, mientras que en el tercer escenario la activación fue menor dado que la intención era probablemente lavar la taza. De



**Figura 2.** CPD: Corteza premotora dorsal. CPV: Corteza premotora ventral. GFI: Giro frontal inferior. LPS: Lóbulo parietal superior. SIP: Surco intraparietal. LPI: Lóbulo parietal inferior. STS: Surco temporal superior.

manera que ingerir y alimentarse al ser una función más importante para el individuo que asear, activa en mayor medida estos circuitos neuronales (11) (Figura 1).

La fase inicial de experimentación en humanos se vio limitada por aspectos éticos ya que se requerían métodos invasivos de registro como los electrodos cerebrales implantados quirúrgicamente. Posteriormente la investigación tuvo un gran desarrollo gracias al uso de imágenes funcionales cerebrales como la electroencefalografía, la magnetoencefalografía y la estimulación magnética transcranial (1,9). De esta manera se logró establecer que existían sistemas neuronales con propiedades similares a las neuronas espejo identificadas en los primates, en localizaciones anatómicas comparables (10). Se reconocieron dos redes neuronales importantes. La primera, en el lóbulo parietal y la corteza premotora más la parte caudal del giro frontal inferior (sistema parietofrontal), y la otra formada por la ínsula y la corteza frontal mesial anterior (sistema de espejo límbico). (Figura 2)

Así como en los primates, el sistema motor humano mostró tener implicaciones visuales al activarse observando acciones motoras realizadas por otros (12). En la actualidad se conoce que las mismas áreas cerebrales implicadas en la ejecución y observación de acciones motoras se activan cuando los individuos escuchan frases que describen la realización de acciones humanas usando las manos, la boca o las extremidades, o simplemente cuando el individuo las imagina (13,14). Así que podrían existir una serie de circuitos neuronales compartidos entre los procesos de control motor y las áreas de procesamiento auditivo y visual (15).

Tanto en primates como en humanos, las neuronas espejo se encuentran divididas en dos grandes categorías: las estrictamente congruentes y las ampliamente congruentes (1,10). Las neuronas

espejo estrictamente congruentes corresponden a la tercera parte de todas las neuronas espejo, y se activan siempre para una misma acción, ya sea ejecutada u observada. Las neuronas espejo ampliamente congruentes representan aproximadamente dos tercios de todas las neuronas espejo y se activan frente a acciones que se encuentran relacionadas de forma lógica con un mismo objetivo. Por ejemplo, cuando el primate observa tomar un objeto y llevarlo a la boca para ingerirlo aumenta la actividad específicamente en este último tipo de neuronas. Estas aumentan su activación debido a que su función se relaciona con un objetivo más elaborado: el de alimentarse. Los movimientos para lograrlo, si bien son fundamentales, podrían ejecutarse para otras finalidades. Estas neuronas espejo ampliamente congruentes son las que se han asociado al entendimiento de la intención de la acción y de su finalidad.

Pareciera entonces que existe un mayor número de neuronas espejo asociadas al objetivo de la acción más que a la acción misma. Esto ha generado una distinción entre dos términos: el acto motor y la acción motora (16). Se entiende por un acto motor el movimiento que busca un objetivo, por ejemplo, hacer movimiento de agarre para tomar una porción de alimento. La acción motora se refiere a una serie de movimientos o actos motores que como desenlace final lleva a lograr un objetivo claro, como es el caso de alimentarse, lo que implicaría no solamente agarrar la porción de alimento sino también llevarlo a la boca. (16). Ahora bien, en estudios en primates, se observó que había una mayor activación de los circuitos neuronales correspondientes al sistema de neuronas espejo cuando se tomaba un objeto (un alimento) para ingerirlo que cuando se tomaba el mismo objeto para depositarlo en una caja (17). Tal como se había mencionado ya en el experimento de la taza de té, el grado de activación de las neuronas espejo es variable según la interpretación del objetivo de la acción que observa el individuo.

Un fenómeno interesante que se ha observado en los primates es la escasa o nula activación de las neuronas espejo frente a acciones que involucran el uso de herramientas. Este hecho llamativo se explica porque estos animales naturalmente no las utilizan (18). Esto significa que la activación del sistema de neuronas espejo obedece a la observación de un patrón de movimiento previamente conocido por el individuo, o parcialmente aprendido, lo que en otras palabras podría denominarse como experiencia motora previa. Sin embargo, la exposición repetida a experimentadores humanos que usan herramientas, logra generar activación de neuronas espejo en estos animales. De manera que las neuronas espejo son capaces de adquirir propiedades visuales también gracias a la experiencia visual. Esto parece ser crucial para comprender los procesos involucrados en el aprendizaje por imitación (19). Si las neuronas espejo son capaces de adquirir nuevas propiedades frente a la exposición visual prolongada de acciones novedosas, que la simple observación de acciones o actos motores, podría constituirse como una herramienta útil para el aprendizaje.

Después de conocer las características fisiológicas de estas neuronas surge la pregunta ¿Cuál es el significado de estas células tan particulares? En una conferencia (por el sistema TED), el neurocientífico Vilayanur Ramachandran se remonta a la historia de la civilización humana para explicar el significado de las neuronas espejo en las relaciones sociales. Hace más de 75000 años, aparece repentinamente y así mismo se expande de forma rápida la utilización de herramientas y la práctica de destrezas como el uso del fuego, el uso de refugios y el lenguaje. Todos estos alcances



**Figura 3.** Cuando alguien observa a otro individuo sufrir un golpe o una caída la empatía se puede ver reflejada en su expresión facial. La fotografía muestra a Chelsea Davis, clavadista norteamericana quien en los FINA World Championships en Montreal Canadá del 2005 sufrió un traumatismo facial durante las rondas preliminares de las competiciones femeninas. Ahora note la expresión facial que usted ha tomado al observar la imagen. Tomada de *The Sydney Morning Herald*. Publicada el 24 de Julio de 2005. Disponible en <http://www.smh.com.au/news/sport/injured-diver-may-return-to-world-champs/2005/07/24/1122143728557.html>.

pudieron ir de la mano con el desarrollo de un sistema de neuronas espejo que permitió la emulación o imitación de las acciones de otros individuos (20).

Las neuronas espejo podrían ser un mecanismo evolutivo propio de los seres sociales. Podrían ser un mecanismo de adaptación para entender las acciones de los demás. Las neuronas espejo se pudieron ver favorecidas por la selección natural porque ayudaron a los humanos a comprender lo que otros estaban haciendo y de esta manera les permitieron sobrevivir (21). Y aquí aparece uno de los elementos fundamentales en el desarrollo del comportamiento social de las especies: la empatía. Está claro entonces, que una de las funciones de estas neuronas tiene que ver con la forma como los humanos y los individuos de otras especies entienden a los demás, a través de la interpretación e imitación de acciones o movimientos. La empatía, que según el diccionario de la real academia española corresponde a la identificación mental y afectiva de un sujeto con el estado de ánimo de otro (22), es uno de los aspectos que contribuye al comportamiento social de las especies, y las neuronas espejo juegan un papel importante en este proceso. Uno de los mecanismos por los cuales se logra desarrollar una forma de empatía basada en la simulación, tiene que ver con la imitación de las expresiones asociadas a determinados sentimientos. Esto permite que los individuos sean capaces de sentir lo que el otro siente a través por ejemplo, de la imitación de las expresiones faciales (23). La imitación de las expresiones emocionales faciales subyace en la activación de grandes circuitos neurales que involucran las áreas de neuronas espejo, la ínsula anterior y la amígdala. (24). Las neuronas espejo están implicadas entonces no solo en la función social de entender las intenciones de los demás, sino también en la función de comprender y percibir los sentimientos y emociones de otros (Figura 3).

El conocimiento de la fisiología de las neuronas espejo ha llevado a comprender mejor los procesos que median la capacidad que tienen los individuos para relacionarse en un entorno social. Adicionalmente, hay una función fundamental descrita dentro del estudio de estas neuronas que tiene implicaciones en los escenarios de formación académica: El aprendizaje.

### **Aprendizaje observacional y aprendizaje por imitación**

Los programas de postgrado para médicos en Colombia y en el mundo tradicionalmente se han caracterizado por tener un gran componente práctico, ya sea para aplicar conocimientos teóricos o para realizar un variado número de procedimientos supervisados que implican el desarrollo por parte del estudiante de destrezas motoras durante su periodo de entrenamiento (25).

Las estrategias de formación en los escenarios académicos obedecen a estas necesidades, por un lado se requiere lograr un adecuado nivel de conocimientos y por otro, lograr el desarrollo de destrezas motoras propias de la especialidad. Las neuronas espejo tienen un papel importante tanto a nivel del aprendizaje de patrones y habilidades motoras así como también a nivel del aprendizaje de conocimientos teóricos o habilidades cognitivas (26). En este sentido, muchas técnicas de formación en destrezas cognitivas y motrices pueden aprovechar las propiedades de las neuronas espejo para lograr mejores resultados en cuanto a la apropiación del conocimiento.

En el aprendizaje de habilidades motoras se describen dos mecanismos: la observación y la imitación (27). En el aprendizaje por observación se han descrito modos de visualización dinámica y visualización estática (28). La distinción radica en la forma como se muestran específicamente las imágenes al sujeto. Las visualizaciones dinámicas tienen que ver con videos, animaciones, etc. Se ha postulado que este tipo de visualizaciones podría intensificar la adquisición de conocimientos debido a que se pueden percibir los cambios con respecto al tiempo en un sistema determinado, mientras que las visualizaciones estáticas requieren de los sujetos un mayor esfuerzo cognitivo para inferir mentalmente los cambios temporales que son explícitos en las visualizaciones dinámicas (29). Sin embargo también se ha argumentado que la naturaleza misma de la visualización dinámica, por ser información transitoria, demanda del sujeto una gran disponibilidad de la memoria de trabajo, y si se tiene en cuenta que esta tiene limitaciones con respecto a la capacidad y a la duración, se requeriría de mayor rapidez y actividad para procesar e integrar toda la información que proveen las visualizaciones dinámicas al tiempo que el sujeto la percibe, mientras que en las visualizaciones estáticas la información puede ser revisada en múltiples ocasiones. El problema de la demanda de mayor velocidad requerida para el procesamiento de la información en las visualizaciones dinámicas puede afrontarse mediante la revisión repetitiva de las mismas.

Los estudios individuales que han intentado identificar cual de las dos estrategias es más efectiva para el aprendizaje no han mostrado resultados reproducibles (26). Sin embargo en un meta-análisis se encontró una mayor utilidad para el aprendizaje, principalmente de conocimientos concernientes a procedimientos y habilidades motoras, si se usan medios de visualización dinámica como las animaciones por computador o los videos instructivos (30). Lo anterior sugiere que la utilización de videos, talleres, programas interactivos podría ser una herramienta más útil para el aprendizaje

de habilidades motoras, lo que se evidencia en el amplio crecimiento que día a día experimentan las estrategias que utilizan medios multimedia a través del internet, así como los talleres prácticos y otros que involucran mecanismos en los que participan los sistemas de neuronas espejo a través de la observación y la imitación (31).

Todo el conocimiento logrado gracias a las neurociencias en relación con el sistema de neuronas espejo, permite suponer que las estrategias de visualización dinámica pueden ser muy útiles para el aprendizaje de habilidades y destrezas motoras, pero principalmente de aquellas que involucran movimientos humanos, debido a que estas estrategias automáticamente disparan un proceso que demanda menor esfuerzo al activar un mecanismo de simulación corporal mediado por dichas neuronas (32). La visualización ya sea dinámica o estática de un proceso que no está mediado por movimientos humanos supondría una demanda adicional de recursos en la memoria de trabajo para comprenderlo. De tal manera que para el aprendizaje de tareas motoras como procedimientos invasivos u otros procedimientos, las estrategias que utilizan visualizaciones dinámicas posiblemente sean más efectivas para el aprendizaje que en el caso de otros procesos como por ejemplo el funcionamiento de una máquina de anestesia, un ventilador, etc.

En un contexto más claro y práctico tradicionalmente se han utilizado modos de visualización dinámica de forma predominante. Se trata de los talleres de capacitación en reanimación cerebrocardiopulmonar (33). Sin lugar a dudas la adquisición de las destrezas tanto cognitivas como motoras se ha intensificado gracias a estas formas de enseñar, teniendo en cuenta que además de las visualizaciones dinámicas en los talleres prácticos también la mayoría de los textos de reanimación describen los procesos y procedimientos en una forma de visualización estática a través de imágenes, diagramas de flujo, etc.

El hecho de que el sujeto deba explorar y comprender muchos conceptos y procedimientos en los libros de reanimación de forma previa a los talleres prácticos en los que se utilizan las estrategias de visualización dinámica, hace que muchos patrones de movimiento se introduzcan al repertorio de conocimientos motores del individuo y posteriormente al observarlos, su sistema de neuronas espejo se active ampliamente.

Ahora bien, se ha mencionado que el aprendizaje de habilidades motoras no solo depende de la observación, también se incluye la imitación, y esta es una estrategia a la que también ocurre en enseñanza en reanimación básica.

La imitación es una forma importante de aprendizaje en los humanos y el sistema de neuronas espejo está involucrado a través de interacciones neuronales con áreas de preparación motora y la corteza prefrontal dorsolateral. Los estudios de resonancia magnética funcional han demostrado respuestas amplias en las áreas de neuronas espejo durante la observación de acciones sobreaprendidas (34). Se han desarrollado múltiples experimentos para tratar de entender el papel de las neuronas espejo en el aprendizaje por imitación. Buccino, en un estudio con resonancia magnética (RM) funcional evaluó la actividad de estas redes neuronales, demostrando una gran activación al observar una acción y cuando se imita. El método utilizado fue someter a los sujetos

del experimento a observar a un músico ejecutando algunos acordes en guitarra para memorizarlos y posteriormente repetirlos. Evidentemente se reconoció un patrón de activación neuronal de áreas del sistema de neuronas espejo, pero además fue llamativo que durante la transición de la fase de observación a la fase de imitación hubo una activación de ciertas áreas de la corteza frontal que probablemente son responsables de memorizar los actos motores observados para luego reproducirlos (35). Otro aspecto fundamental es la plasticidad del sistema de neuronas espejo, gracias a ésta, las neuronas permiten un grado de activación diferente frente al acto motor observado según la experiencia del individuo, lo que significa que al observar un patrón de movimiento conocido se produce una activación del sistema de neuronas espejo mucho más importante a la que se produce si se desconoce el movimiento. De tal manera que aunque la observación puede ser un elemento fundamental en el aprendizaje, existen ciertos aspectos que podrían influir sobre los resultados finales. Esto tiene que ver precisamente con el grado de experiencia y con el tipo de experiencia del observador (36). Los estudios con RM funcional han permitido demostrar que la experiencia motora y no la experiencia visual determina una mayor activación de las neuronas espejo. Es decir, si el sujeto observa un patrón de movimiento que se encuentra dentro de su repertorio de movimientos aprendidos o parcialmente aprendidos se produce un grado mayor de activación que si observa un patrón de movimiento que ha sido observado por mucho tiempo pero no se ha ejecutado (16). En un estudio con bailarines profesionales que observan los patrones de movimiento de cada uno de los géneros, tanto masculino como femenino (34). Se encontró que la activación del sistema de neuronas espejo fue mayor cuando los sujetos observaban los movimientos de su mismo género a pesar de que constantemente durante sus prácticas de entrenamiento observaban los patrones de movimientos del género opuesto. “La mimesis, en tanto imitación, está en el origen de la danza, así como está en el origen del lenguaje verbal, y de todas las artes en general” (37).

### **Anestesia y neuronas espejo**

La importancia del aprendizaje en anestesiología radica en establecer mecanismos que recurran a visualizaciones dinámicas en que el estudiante conozca previamente los patrones o las habilidades motoras que se requieren para ejecutar un procedimiento determinado. Pero ¿Cuál será la secuencia más conveniente para lograr el objetivo de facilitar y optimizar el aprendizaje?. Si se extrapola la experiencia obtenida de los cursos de reanimación básica en el mundo a otros contextos en los que los estudiantes deben lograr un conocimiento de ciertas habilidades para ejecutar un procedimiento, se podría afirmar que son importantes dos cosas; en primer lugar el conocimiento previo del patrón de movimiento y en segundo lugar someter al individuo a un método de formación que involucre visualizaciones dinámicas. Esto significa que el estudiante debe conocer primero el patrón de movimiento requerido, para efectuar el procedimiento que se pretende aprender y posteriormente que pueda acceder a observar cómo se hace. Durante la enseñanza de la laringoscopia directa por ejemplo, sucede frecuentemente con estudiantes de pregrado que aunque en múltiples ocasiones ya han observado la forma de realizar correctamente el procedimiento de la laringoscopia, ya sea de sus compañeros o de sus instructores, en el momento de realizar la primera laringoscopia de su vida toman el laringoscopio con la mano derecha. Esto sucede porque a pesar de observar el procedimiento en múltiples ocasiones aun no han incorporado a su repertorio de movimientos el patrón requerido para tomar de forma apropiada el mango del laringoscopio. Así sucede con otros

procedimientos, por ejemplo con la realización de la maniobra de Sellick. Cuando los estudiantes estas familiarizados con el procedimiento después de haberlo observado en varias oportunidades pero aún no lo han ejecutado, en su primer intento por realizarlo utilizan los dedos sin precisión sobre puntos incorrectos. De manera que si previamente se lograra establecer un conocimiento concreto de un acto motor específico (por ejemplo, tomar correctamente el laringoscopio) para ejecutar una acción motora más elaborada (realizar la laringoscopia), en el momento de someter al individuo a visualizaciones dinámicas éste reforzará más eficazmente su aprendizaje. Esto es lo que sugieren los actuales conocimientos en cuanto a las neuronas espejo.

Todo lo anterior no sólo sitúa en un lugar muy importante la necesidad de una correcta secuencia temporal de eventos para lograr el aprendizaje de habilidades motoras, es decir, lograr como primera medida un conocimiento concreto de un acto motor para posteriormente ejecutar una acción motora más compleja; también muestra la importancia de ofrecer a los estudiantes estrategias de visualización dinámica que permitan apropiarse del conocimiento de estas habilidades motoras.

Es frecuente en el entrenamiento de los estudiantes de postgrado que la fase de aprendizaje por observación, en este caso a través de visualizaciones dinámicas, se limite a los primeros días del entrenamiento, cuando los actos motores aún no están incorporados a su repertorio de forma adecuada, para posteriormente continuar realizando los procedimientos prácticos (afianzando el conocimiento de los patrones motores). Bajo esta perspectiva se trata de una estrategia inversa ya que primero se someten a la fase de visualización para posteriormente realizar la incorporación del patrón motor a su repertorio de movimientos. Probablemente sea necesario conducir nuevamente a los estudiantes de postgrado a una fase de reaprendizaje que conste de métodos de visualizaciones dinámicas de cualquier procedimiento aparentemente ya aprendido. Esto implicaría que el instructor en un momento en que el estudiante ya se considere suficientemente experto, lo someta nuevamente a observar cómo se realiza correctamente el procedimiento. Esto permitiría no solo reforzar el conocimiento de determinadas destrezas motora sino además corregir algunos errores o movimientos inadecuados para llevar a cabo todo el proceso.

Un recurso que ha servido para ampliar las herramientas y posibilidades en el aprendizaje y que además actualmente está tomando una posición muy importante es la informática, con sus herramientas como el internet, las telecomunicaciones, etc (38). Los blogs, los portales wiki interactivos, los portales de las sociedades científicas y demás dan la posibilidad de compartir archivos multimedia entre usuarios y permiten no solamente visualizar los documentos sino que abre las puertas para la creación de material científico y académico por parte de los estudiantes mismos. Esto plantearía otro interrogante relacionado con el aprendizaje a través de la enseñanza misma y el impacto que tiene la auto-observación para quien realiza el material de enseñanza que pretende difundir (39). Todas estas nuevas formas de adquirir y compartir información son precisamente formas de visualización dinámica y estática en el caso de videos, presentaciones interactivas, fotografías, esquemas y flujogramas relacionados con procedimientos y destrezas motoras.

Teniendo en cuenta las propiedades de las neuronas espejo y su influencia sobre el aprendizaje observacional y por imitación de habilidades motoras, surge el interrogante de si también están

involucradas en el aprendizaje de habilidades cognitivas. Sin lugar a dudas muchos de los procedimientos complejos que se efectúan en anestesia implican un gran componente cognitivo. Posiblemente el aprendizaje de habilidades puramente cognitivas también involucren el sistema de neuronas espejo (26). Se ha establecido ya el papel que tiene el sistema de neuronas espejo en la percepción de las emociones de otros individuos y en la comprensión de las intenciones de los actos motores de otros, lo cual no necesariamente involucra un acto o una acción motora.

### Otras aplicaciones

Las investigaciones en estas neuronas han permitido establecer nuevas estrategias de tratamiento para algunos desórdenes comunes como el déficit motor asociado a la enfermedad cerebrovascular, el autismo, los trastornos del lenguaje, etc (3,4,40). Se ha propuesto que en los pacientes que padecen de autismo, trastorno caracterizado por deficiencias motoras y alteraciones del lenguaje y del comportamiento social, el tratamiento por medio de la imitación podría estimular neuronas espejo disfuncionales quizás relacionadas con la causa de estos desórdenes (41). Así mismo, en los pacientes con secuelas de enfermedad cerebrovascular, con deficiencias motoras severas limitaciones para la rehabilitación, se beneficiarían de sesiones de observación, con las cuales se activan los circuitos neuronales que involucran áreas de neuronas espejo (42).

### Conclusión

El conocimiento actual sobre el significado y las funciones de las neuronas espejo justifica el creciente desarrollo de métodos alternativos de enseñanza que involucran herramientas tecnológicas como el internet y elementos multimedia como videos, presentaciones interactivas e imágenes, los cuales ofrecen a los estudiantes métodos de visualización dinámica y estática que permiten reforzar la apropiación de conocimientos relacionados con destrezas motoras y cognitivas. Las neuronas espejo están involucradas en el aprendizaje observacional y en el aprendizaje por imitación, estrategias que son frecuentemente utilizadas en escenarios académicos de formación de estudiantes de postgrado en muchas especialidades como la anestesiología.

Entender el significado y la naturaleza del funcionamiento de las neuronas espejo, permite reconocer e identificar los escenarios en los cuales utilizar ciertas estrategias o definir ciertas formas y secuencias de modos de transmitir la información es crucial para facilitar el aprendizaje, tanto de destrezas motoras como cognitivas.

**John Bautista<sup>1</sup>,  
José R. Navarro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>MD, Estudiante de postgrado de Anestesiología y Reanimación.  
Universidad Nacional de Colombia<sup>1</sup>, Bogotá

<sup>2</sup>MD, Anestesiólogo, Profesor Asociado.  
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Correspondencia: E-mail: johnbautistas@yahoo.com

## Referencias

1. **Jacoboni M.** Las neuronas espejo. Empatía, neuropolítica, autismo, imitación o de cómo entendemos a los otros. Madrid- España; Katz editores. 2009.
2. **Franceschini M, Agosti M, Cantagallo A, Sale P, Mancuso M, Buccino G.** Mirror neurons: action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010; 46:517-23.
3. **Small SL, Buccino G, Solodkin A.** The mirror neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol.* 2010; 24. [Epub ahead of print].
4. **Le Bel RM, Pineda JA, Sharma A.** Motor-auditory-visual integration: The role of the human mirror neuron system in communication and communication disorders. *J Commun Disord.* 2009; 42:299-304.
5. **Jacoboni M.** Neural mechanisms of imitation. *Curr Opin Neurobiol.* 2005; 15:632-7.
6. **Rizzolatti G, Craighero L.** The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2004; 27:169-92.
7. **Press C, Heyes C, Kilner JM.** Learning to understand other's actions. *Biol Lett.* 2011; 7:457-60.
8. **Rizzolatti G, Luppino G, Matelli M.** The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1998;106:283-96.
9. **Cattaneo L, Rizzolatti G.** The mirror neuron system. *Arch Neurol.* 2009; 66:557-60.
10. **Jacoboni M, Mazziotta JC.** Mirror neuron system: basic findings and clinical applications. *Ann Neurol.* 2007; 62:213-8.
11. **Jacoboni M, Dapretto M.** The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* 2006; 7:942-51.
12. **Lyons DE, Santos LR, Keil FC.** Reflections of other minds: how primate social cognition can inform the function of mirror neurons. *Curr Opin Neurobiol.* 2006;16:230-4.
13. **Tettamanti M, Buccino G, Saccuman MC, Gallese V, Danna M, Scifo P, Fazio F, Rizzolatti G, Cappa SF, Perani D.** Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *J Cogn Neurosci.* 2005;17:273-81.
14. **Kohler E, Keysers C, Umiltà MA, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G.** Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science.* 2002; 297:846-8.
15. **Molnar-Szakacs I, Overy K.** Music and mirror neurons: from motion to 'e'motion. *Soc Cogn Affect Neurosci.* 2006;1:235-41.
16. **Fogassi L, Ferrari P.** Mirror systems. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science.* 2011; 2:22-38.
17. **Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, Rozzi S, Chersi F, Rizzolatti G.** Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science.* 2005;308:662-7.
18. **Ferrari PF, Rozzi S, Fogassi L.** Mirror neurons responding to observation of actions made with tools in monkey ventral premotor cortex. *J Cogn Neurosci.* 2005;17:212-26.
19. **Torriero S, Oliveri M, Koch G, Caltagirone C, Petrosini L.** The what and how of observational learning. *J Cogn Neurosci.* 2007;19:1656-63.
20. **Ramachandran VS.** The neurons that shaped civilization. Disponible en URL: [http://www.ted.com/talks/vs\\_ramachandran\\_the\\_neurons\\_that\\_shaped\\_civilization.html](http://www.ted.com/talks/vs_ramachandran_the_neurons_that_shaped_civilization.html).
21. **Heyes C.** Where do mirror neurons come from? *Neurosci Biobehav Rev.* 2010;34:575-83.
22. Diccionario de la real academia española. Disponible en URL: [www.rae.es](http://www.rae.es)
23. **Enticott PG, Johnston PJ, Herring SE, Hoy KE, Fitzgerald PB.** Mirror neuron activation is associated with facial emotion processing. *Neuropsychologia.* 2008;46:2851-4.
24. **Carr L, Jacoboni M, Dubeau MC, Mazziotta JC, Lenzi GL.** Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2003;100:5497-502.
25. **Matveevskii AS, Gravenstein N.** Role of simulators, educational programs, and nontechnical skills in anesthesia resident selection, education, and competency assessment. *J Crit Care.* 2008; 23:167-72.
26. **van Gog T, Paas F, Marcus N, Ayres P, Sweller J.** The Mirror Neuron System and Observational Learning: Implications for the Effectiveness of Dynamic Visualizations. *Educ Psychol Rev.* 2009; 21:21-30.
27. **Mattar AA, Gribble PL.** Motor learning by observing. *Neuron.* 2005; 46:153-60.

28. **Ayres P, Marcus N, Chan C, Qian N.** Learning hand manipulative tasks: When instructional animations are superior to equivalent static representations. 2009; 25:348-53.
29. **Wong A, Marcus N, Ayres P, Smith L, Cooper G, Paas F, Sweller J.** Instructional animations can be superior to statics when learning human motor skills. 2009; 25:339-47.
30. **Höffler T, Leutner D.** Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. 2007; 17:722-38.
31. **Sajeva M.** E-learning: Web-based education. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2006.; 19:645-9.
32. **Molenberghs P, Cunnington R, Mattingley JB.** Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009; 33:975-80.
33. **Perkins GD.** Simulation in resuscitation training. *Resuscitation.* 2007;73:202-11.
34. **Calvo-Merino B, Glaser DE, Grèzes J, Passingham RE, Haggard P.** Action observation and acquired motor skills: an FMRI study with expert dancers. *Cereb Cortex.* 2005; 15:1243-9.
35. **Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ, Rizzolatti G.** Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related Fmri study. *Neuron.* 2004;42:323-34.
36. **Calvo-Merino B, Grèzes J, Glaser DE, Passingham RE, Haggard P.** Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr Biol.* 2006 10;16:1905-10.
37. **Ulloa A.** El Baile. Un lenguaje del cuerpo. Colección de autores Vallecaucanos. Editor: Secretaría de Cultura y Turismo del Valle del Cauca. 2ª edición. Cali-Valle. 2005:23.
38. **Boulos MN, Maramba I, Wheeler S.** Wikis, blogs and podcasts: a new generation of Web-based tools for virtual collaborative clinical practice and education. *BMC Med Educ.* 2006; 15:6:41.
39. **Fireman G, Kose G, Solomon M.** Self-observation and learning: the effect of watching oneself on problem solving performance. 2003; 18:339-54.
40. **Buccino G, Solodkin A, Small SL.** Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol.* 2006;19:55-63.
41. **Perkins T, Stokes M, McGillivray J, Bittar R.** Mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *J Clin Neurosci.* 2010; 17:1239-43.
42. **Ertelt D, Small S, Solodkin A, Dettmers C, McNamara A, Binkofski F, Buccino G.** Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage.* 2007; 36 Suppl 2:T164-73.