

## Bases neuronales de la empatía

Luis Moya-Albiol, Neus Herrero, M. Consuelo Bernal

**Introducción.** Entendemos por empatía la capacidad para experimentar de forma vicaria los estados emocionales de otros, siendo crucial en muchas formas de interacción social adaptativa. Tiene dos componentes: uno cognitivo, muy relacionado con la capacidad para abstraer los procesos mentales de otras personas, y otro emocional, que sería la reacción ante el estado emocional de otra persona. El desarrollo de las técnicas de neuroimagen ha hecho posible que se avance en el conocimiento de los circuitos neuronales implicados en la empatía mediante la utilización de diversas estrategias en el laboratorio. Los principales estudios se han centrado en la presentación de estímulos, entre los que hemos diferenciado los emocionales, los de expresión de asco, los somatosensoriales y los dolorosos, así como en el análisis de la relación entre empatía y perdón.

**Objetivo y desarrollo.** Con este trabajo hemos pretendido ofrecer una visión actualizada de las estructuras cerebrales implicadas en la empatía, analizando para ello las diversas estrategias metodológicas empleadas en la literatura científica sobre el tema. Además, se ha pretendido poner de manifiesto la disociación conductual y neuroanatómica existente entre los componentes cognitivo y emocional de la empatía, así como el hecho de que los circuitos neuronales que la regulan coinciden en gran parte con aquéllos relacionados con la agresión y la violencia.

**Palabras clave.** Corteza prefrontal. Corteza temporal. Empatía. Neuroimagen. Neuronas espejo. Sistema límbico.

### Introducción: orígenes de la empatía

El concepto de empatía ha tenido una historia difícil, marcada por el desacuerdo y la discrepancia. Ha sido estudiada durante muchos años por diversas disciplinas, como la filosofía, la teología, la psicología y la etología, y recientemente se han añadido las contribuciones de la neurociencia. Sin embargo, ha habido y sigue habiendo una falta de consenso respecto a la naturaleza del concepto. A pesar de este desacuerdo, los datos empíricos son muy consistentes a través de un amplio rango de especies. Individuos de muchas especies se afligen ante el dolor de un coespecífico y actúan para acabar con el objeto que provoca dicho dolor, incluso aunque suponga un peligro para ellos mismos [1].

Cuando Theodore Lipps introdujo el concepto de empatía (*Einfühlung*), destacó el papel crítico de la 'imitación interior' de las acciones de los demás. Comparado con los individuos no empáticos, los individuos empáticos muestran una mayor imitación no consciente de las posturas, manierismos y expresiones faciales de otros [2,3]. Esta representación de la acción de los otros modula y forma los contenidos emocionales de la empatía. Preston y de Waal [1], influidos por los modelos de percepción-acción de la conducta motora y de la imitación, propusieron

un modelo que incorpora explicaciones teóricas y descubrimientos empíricos sobre la empatía. Según dicho modelo, la observación o imaginación de otra persona en un estado emocional particular activa de manera automática una representación de ese estado en el observador, con las respuestas fisiológicas asociadas. Al ser automático, se trataría de un proceso que no requiere conciencia ni esfuerzo de procesamiento, pero que no puede inhibirse ni controlarse. Este modelo de percepción-acción incluye dos categorías de nivel básico: la conducta motora y la conducta emocional, que a su vez incluyen categorías subordinadas del fenómeno. Por lo tanto, de acuerdo con el modelo, varios fenómenos como el 'contagio' emocional, la empatía cognitiva, la culpa y la conducta de ayudar dependerían del mecanismo de percepción y acción.

### La empatía como componente de la cognición social

En las últimas décadas se ha resaltado la relevancia de la empatía en la disposición prosocial de las personas y su función inhibitoria de la agresividad. Eisenberg [4] planteó la importancia de la empatía en el desarrollo moral de las personas, entendida ésta

Departamento de Psicobiología; Facultad de Psicología (L. Moya-Albiol, M.C. Bernal). Unidad de Psiquiatría y Psicología Médica; Facultad de Medicina (CIBERSAM) (N. Herrero); Universitat de València; Valencia, España.

#### Correspondencia:

Dr. Luis Moya Albiol.  
Departamento de Psicobiología.  
Facultad de Psicología. Universitat de València. Avda. Blasco Ibáñez, 21. E-46100 Valencia.

#### Fax:

+34 963 864 668

#### E-mail:

luis.moya@uv.es

#### Financiación

Este trabajo ha sido en parte posible gracias a la financiación de la Dirección General de Política Científica de la Conselleria d'Educació de la Generalitat Valenciana (proyecto GVPRE/2008/260) y de la Dirección General de Programas y Transferencia de Conocimiento del Ministerio de Ciencia e Innovación (proyecto PSI2008-0448/PSIC).

Aceptado tras revisión externa: 08.10.09.

#### Cómo citar este artículo:

Moya-Albiol L, Herrero N, Bernal MC. Bases neuronales de la empatía. Rev Neurol 2010; 50: 89-100.

© 2010 Revista de Neurología

como una respuesta emocional que proviene de la comprensión del estado o situación de los demás, y que 'es similar' a lo que la otra persona está sintiendo. La respuesta empática incluye la capacidad para comprender al otro y ponerse en su lugar a partir de lo que se observa, de la información verbal o de la información accesible desde la memoria (toma de perspectiva), y la reacción afectiva de compartir su estado emocional, que puede producir tristeza, malestar o ansiedad. Así, la empatía debe favorecer la percepción tanto de las emociones (alegría, tristeza, sorpresa) como de las sensaciones (tacto, dolor) de otras personas. Por todo ello, la empatía debe desempeñar un papel central en la disposición prosocial de las personas y en su supervivencia [5], ya que ésta depende de la habilidad para funcionar de manera óptima dentro del contexto social, para lo cual es fundamental comprender lo que sienten los demás [6]. Se trata, por tanto, de una forma de cognición social.

La cognición social es un concepto que hace referencia al conjunto de operaciones mentales que subyacen en las interacciones sociales, y que incluyen los procesos implicados en la percepción, interpretación y generación de respuestas ante las intenciones, disposiciones y conductas de otros [7]. Se trataría del proceso de entender la interdependencia entre cognición y conducta social y se referiría a 'personas pensando sobre otras personas'. Los procesos cognitivos y sociales harían referencia a cómo extraemos inferencias sobre las creencias e intenciones de otras personas y cómo sopesamos los factores sociales y situacionales para llevarlas a cabo. La cognición social incluye las áreas de procesamiento de emociones, la percepción social, el conocimiento de las reglas sociales, el estilo atribucional y la teoría de la mente (ToM) [8]. También podemos incluir el concepto de empatía; sin embargo, como pondremos de manifiesto con posterioridad, los límites entre los distintos tipos de cognición social no están totalmente delimitados.

Se ha sugerido que las habilidades cognitivas y sociales capacitan a los sujetos para interactuar de forma efectiva con su ambiente social, y que un fallo en ciertos aspectos de la cognición social llevaría al sujeto a percibir menos lo social, a reacciones inesperadas hacia el otro y, con el tiempo, a la retirada social [9]. La cognición social, por tanto, parece ser crítica para el funcionamiento en comunidad. Por ello, paulatinamente está aumentando el interés por identificar los sustratos neuronales que subyacen a la cognición social (o a la falta de ella) y a sus componentes, como la empatía.

El procesamiento emocional se refiere a la forma en que percibimos y usamos las emociones y se

basa en diferentes habilidades necesarias que ocurren en el proceso de ser identificado. Se ha estudiado dentro del campo de trabajo de la inteligencia emocional [10], entendida como un grupo de habilidades de la persona que combina emociones y cognición. Desde este modelo se incluyen cuatro componentes de procesamiento emocional: identificación, facilitación, entendimiento y manejo de emociones [11]. Un aspecto a considerar es que las emociones pueden tener vertientes positivas y negativas, por lo que, en un trabajo reciente se ha postulado la adicción a las sustancias de abuso como la parte negativa de las emociones [12].

La percepción social se parece a la percepción de emociones, pero difiere en el tipo de juicio requerido. Los estudios de percepción social típicamente evalúan la habilidad para juzgar los roles y las reglas sociales y el contexto social. Las tareas de percepción social requieren que los sujetos utilicen señales sociales para inferir los acontecimientos situacionales que han generado dichas señales. Es decir, los sujetos, para una situación dada, tendrían que identificar rasgos o características interpersonales, como intimidación, estatus social, estado emocional y veracidad. Por tanto, la percepción social puede también referirse a la percepción que una persona tenga sobre las relaciones entre los demás, y no sólo a la percepción de señales generadas por una única persona [13].

El conocimiento social, también denominado esquema social, hace referencia a la conciencia de los roles, reglas y metas que caracterizan a las situaciones sociales y guían las interacciones sociales [14]. El conocimiento social se relaciona mucho con la percepción social debido a que la identificación de señales sociales frecuentemente requiere tener conocimiento de lo que es típico en una determinada situación social.

Las atribuciones hacen referencia a cómo uno explica las causas tanto de los resultados positivos como de los negativos y de cómo el significado de los acontecimientos se basa en la atribución que hace uno sobre sus posibles causas. Pueden ser internas (causas que se deben a uno mismo) o externas, tanto personales (causas que son atribuidas a otras personas) como situacionales (causas que son atribuidas a factores situacionales) [15].

La ToM, también denominada inteligencia social, implica la habilidad para inferir las intenciones y creencias de los demás, y fue definida por Premack y Woodruff como la habilidad para conceptualizar los estados mentales de otras personas (metarrepresentaciones) para así poder explicar y predecir gran parte de su comportamiento [16].

De hecho, la ToM ha sido y es en la actualidad uno de los principales modelos explicativos de los déficit que aparecen en diversos trastornos, como el autismo y la esquizofrenia [17-19]. Sin embargo, no es un objetivo de esta revisión teórica entrar en el análisis y exposición de la vertiente patológica de la empatía, ya que abarca trabajos muy diversos sobre un gran número de patologías como las anteriormente citadas u otras como el síndrome apático o las dificultades de relación en pacientes con daños frontales. La extensa bibliografía sobre esta temática haría necesario realizar otro trabajo de revisión para abarcar toda la vertiente patológica.

Por otra parte, la empatía hace referencia a la tendencia a experimentar de forma vicaria los estados emocionales de otros y es crucial en muchas formas de interacción social adaptativa. Se trata de una compleja forma de inferencia psicológica en la que la observación, la memoria, el conocimiento y el razonamiento se combinan para poder comprender los pensamientos y sentimientos de los demás. Tiene dos componentes, uno cognitivo y otro emocional. El componente cognitivo está muy relacionado con la ToM o la capacidad para abstraer los procesos mentales de otras personas. Al tratar de comprender y de ponerse en el lugar del otro, la persona se acerca al estado emocional del otro y reacciona. Dicha reacción sería el componente emocional de la empatía [20]. Además, en un artículo reciente se han diferenciado, a su vez, dos tipos de 'empatía emocional': uno más relacionado con la expresión emocional de ira y rabia, y otro más asociado a las expresiones de miedo y tristeza [21]. Con toda probabilidad, la escala mejor desarrollada psicométricamente para medir la empatía, y que se ha utilizado en la mayoría de los estudios comentados en esta revisión, es el *Interpersonal Reactivity Index* (IRI) [22,23]. El IRI evalúa la empatía desde una perspectiva multidimensional e incluye factores tanto cognitivos (toma de perspectiva y fantasía) como emocionales (preocupación empática y malestar personal).

### Correlatos cerebrales de la empatía

Los actuales modelos neurocientíficos de empatía postulan que un estado motor, perceptivo o emocional determinado de un individuo activa las correspondientes representaciones y procesos neuronales en otro individuo que observa ese estado [1]. Los trabajos en este ámbito se han llevado a cabo tanto en primates no humanos como en humanos. El descubrimiento de las neuronas espejo en las cortezas premotora y parietal de primates no humanos

que se activaban durante la ejecución de una acción determinada y durante la observación de la misma acción realizada por otro agente (primates no humanos o humanos) sugiere que su sistema nervioso es capaz de representar las acciones observadas en los otros en su propio sistema motor [24]. Más recientemente, otro estudio [25] ha mostrado que estas neuronas espejo del lóbulo parietal inferior no sólo codificaban los actos motores observados, sino que además permitían al observador entender las intenciones del otro. En este sentido, muchas de estas neuronas respondían de forma diferente cuando una misma conducta (p. ej., coger algo) que podría formar parte de diferentes acciones, formaba parte de una acción específica (p. ej., comer). De hecho, incluso se activaban antes de que empezaran las conductas posteriores que especificaban la acción. En otra investigación se había mostrado que una parte de las neuronas espejo de la corteza premotora se activaba durante la presentación de una acción pero también cuando se escondía la parte final de la acción y, por tanto, sólo podía inferirse [26]. Ello implica que la representación motora de una acción realizada por otros puede generarse internamente en la corteza premotora del observador, incluso cuando la descripción visual de la acción no está completa. Estos hallazgos recientes en primates no humanos muestran que las neuronas espejo no sólo se relacionan con la representación de la acción, sino que también facilitan la comprensión de los otros y sus intenciones, lo que estaría muy relacionado con el componente cognitivo de la empatía y con la ToM.

En humanos, la evidencia de representaciones neuronales compartidas entre uno mismo y los otros se describió en primer lugar en el campo de la acción [27] y la emoción [3,28]. Más recientemente, la investigación ha mostrado el papel de las representaciones compartidas en los dominios del procesamiento del dolor [29-32] y del tacto [31,33]. Las neuronas espejo de las áreas promotoras, que se creía que estaban únicamente implicadas en el reconocimiento de una acción determinada, están también involucradas en la comprensión de la conducta de los otros [34,35]. En este sentido, entender una intencionalidad es inferir un nuevo propósito que está por llegar, proceso que el sistema motor realiza de forma automática [36]. Además, el sistema de neuronas espejo no se limita a una zona específica de la corteza premotora, sino que incluye otros circuitos motores [37]. Los individuos con mayor empatía han mostrado tener una mayor activación del sistema motor de las neuronas espejo que los de puntuaciones bajas [38]. Como se ha sugerido

recientemente [39], las neuronas espejo explicarían cómo podemos acceder a las mentes de otros y entenderlas, y hacen posible que se dé la intersubjetividad, facilitando de este modo la conducta social.

Por otra parte, la psicología social ha puesto de manifiesto que la imitación y la mímica facilitan la empatía y la conducta prosocial [40], mientras que las investigaciones neurocientíficas han demostrado la existencia de mecanismos fisiológicos implicados en estos procesos tanto en neuronas específicas como en sistemas neuronales que sustentan los constructos cognitivos y sociales. Al comparar entre géneros, las mujeres han mostrado una mayor supresión del ritmo mu (indicador válido de la actividad del sistema de neuronas espejo en humanos) que los hombres cuando observaban acciones manuales llevadas a cabo por otros a través de videoclips. Esta supresión correlacionaba positivamente con la subescala de distrés personal del IRI [41].

No hay evidencia científica suficiente para saber si ambos componentes de la empatía (el cognitivo y el emocional) son partes que interactúan en un sistema único o si son independientes entre sí, aunque recientemente se ha mostrado que los circuitos neuronales que los regulan son diferentes [42]. En este sentido, el área correspondiente con la parte opercular del giro frontal inferior (área 44 de Brodmann) mostró ser esencial para la empatía emocional, mientras que las áreas que comprenden las partes anteriores del giro frontal superior y medio, y del giro orbital, el recto y la zona más anterior del giro superior frontal (áreas 10 y 11 de Brodmann, respectivamente) lo fueron para la cognitiva. En otro estudio se ha obtenido que los sustratos neuronales de la empatía cognitiva se solapan con aquellos que regulan los estados emocionales relacionados con el estado o la situación de otra persona [43].

El desarrollo de las técnicas de neuroimagen ha hecho posible que se avance, de forma considerable, en el conocimiento de los circuitos neuronales implicados en la empatía. A continuación se exponen los principales resultados obtenidos por los estudios que han utilizado diversas estrategias en el laboratorio y medidas funcionales del cerebro.

### Estudios sobre presentación de estímulos

Con el fin de organizar la información proveniente de los trabajos que han analizado las bases neuronales de la empatía a través de la estrategia de la presentación de estímulos, se ha realizado una división de éstos en función del tipo de estímulo empleado, diferenciándose entre estímulos emocionales en ge-

neral, expresión de asco, estímulos somatosensoriales y dolor.

### Estímulos emocionales

Una de las estrategias frecuentemente utilizada para inducir conductas empáticas y analizar las estructuras neuronales relacionadas con éstas es la presentación de imágenes con contenido emocional o de situaciones en las que hay que adoptar la perspectiva de la otra persona. En la mayoría de investigaciones se ha observado un aumento de la actividad en las cortezas occipital y límbica, aunque los resultados de los diversos trabajos no siempre confluyen y abarcan la activación de multitud de sustratos neuronales.

Geday et al [44] analizaron las reacciones empáticas inducidas por la presentación de fotografías de imágenes emocionalmente neutras, positivas o negativas, tanto de baja (expresiones faciales) como de alta (situaciones emocionales) complejidad social. Se observó un incremento significativo del flujo sanguíneo cerebral regional en el giro fusiforme posterior derecho durante la presentación de las fotografías emotivas. La actividad cerebral en la circunvolución occipital inferior izquierda fue mayor para las situaciones emocionales más complejas que para las expresiones faciales. A diferencia de otros estudios [44-46], no se hallaron cambios en la amígdala o en otras partes del sistema límbico. En la misma línea, al contrario que en investigaciones previas [46,47], se observó una disminución del flujo sanguíneo cerebral regional en la corteza prefrontal medial inferior derecha durante la presentación de imágenes emocionales en comparación con la presentación de imágenes neutras. Se concluyó que el área fusiforme posterior estaría implicada en la identificación de numerosas señales emocionalmente importantes en la percepción social. De hecho, los mensajes provenientes del área fusiforme y de otras áreas convergen en la corteza prefrontal medial inferior derecha, formando una red neuronal que resulta crucial para las reacciones empáticas y para las interacciones sociales.

La empatía y la imitación son dos procesos automáticos que dependen de la representación interna de uno mismo y del otro. Según la teoría motora de la empatía, un individuo reconoce las emociones de otros, habitualmente expresadas por gestos corporales y/o faciales, mediante la representación interna de dichas emociones y mediante la imitación. De este modo, empatizamos con otros porque existe un mecanismo según el cual la representación de la acción modula la actividad emocional y proporciona

una base funcional esencial para la empatía [3,48]. La corteza temporal superior y la corteza frontal inferior son áreas críticas para la representación de la acción y están conectadas al sistema límbico a través de la ínsula, la cual podría constituir una vía de transmisión crítica entre la representación de la acción y la emoción. Las neuronas de la corteza frontal inferior se activan durante la ejecución y la observación de una acción (neuronas espejo), mientras que las neuronas de la corteza temporal superior sólo se disparan durante la observación de una acción. Tanto la imitación como la observación de expresiones faciales de tristeza, alegría, enfado, sorpresa, disgusto y miedo activaron una red muy parecida de áreas cerebrales, aunque la actividad fue mayor durante la imitación que durante la observación en áreas premotoras que incluían la corteza frontal inferior, la corteza temporal superior, la ínsula y la amígdala. Se concluyó que entendemos lo que los demás sienten gracias a un mecanismo de representación de la acción que permite la empatía y modula el contenido emocional, mecanismo en el cual la ínsula desempeña un papel fundamental [3].

Con el fin de analizar la interacción entre el componente emocional y el cognitivo de la empatía se solicitó a un grupo de sujetos que adoptaran su propia perspectiva o la de otras personas en situaciones cotidianas neutras (empatía cognitiva) o socialmente emotivas (empatía emocional) [49,50]. El efecto más claro de ponerse en el lugar del otro fue un incremento de la activación cerebral de las áreas límbicas implicadas en el procesamiento emocional (como el tálamo), de las áreas corticales implicadas en la percepción corporal y de los rostros (como es el caso del giro fusiforme), así como el de las redes neuronales asociadas a la representación o identificación de las acciones de otros (como el lóbulo parietal inferior). Ruby y Decety [49] observaron también que la amígdala se activó únicamente cuando los sujetos procesaban emociones relacionadas con las interacciones sociales. Sus resultados, junto con los de Nummenmaa et al [50], apoyarían la teoría de que la corteza frontopolar y la somatosensorial, junto con el lóbulo parietal inferior, son cruciales en el procesamiento implicado en la adopción de la propia perspectiva o la de los otros. Además, la empatía emocional facilitaría la representación somática, sensorial y motora de los estados mentales de otras personas, y conllevaría una identificación más vigorosa de los estados físicos y mentales observados en los demás que la que aparece en la empatía cognitiva.

Otro aspecto evaluado en algunos estudios sobre presentación de estímulos emocionales es el papel de las diferencias de género en la regulación, expe-

rimentación y expresión de la empatía. Las mujeres muestran frecuentemente mayores puntuaciones en los cuestionarios de empatía, de sensibilidad social y de reconocimiento de las emociones que los hombres. Recientemente, se ha llevado a cabo un estudio con la finalidad de analizar si esas diferencias de género están asociadas a mecanismos neuronales específicos implicados en la cognición emocional social. Con esta finalidad se ha empleado una tarea de atribución de emociones en la que los participantes se centraban en sus propias respuestas emocionales ante la presentación de rostros que expresaban una emoción concreta, o evaluaban el estado emocional expresado por otros rostros [51]. En ambos géneros, tanto la expresión emocional centrada en ellos mismos como en los otros activó el circuito neural formado por la corteza prefrontal medial y lateral, la corteza temporal y regiones parietales implicadas en la toma de perspectiva emocional. Durante el procesamiento de las propias emociones, las mujeres mostraron una mayor activación en la corteza frontal inferior derecha y en el surco temporal superior, mientras que en hombres la activación fue mayor en la encrucijada temporoparietal izquierda. Cuando evaluaban el estado emocional de otras personas, las mujeres mostraban una activación incrementada en la corteza frontal inferior derecha, mientras que no se registró mayor activación en ninguna estructura cerebral en hombres. Estos hallazgos se han interpretado en el sentido de que las mujeres emplean, en mayor grado que los hombres, áreas cerebrales que contienen neuronas espejo en las interacciones empáticas cara a cara, lo que podría explicar los mecanismos neurobiológicos subyacentes que facilitan el ‘contagio emocional’. Por otra parte, se ha observado una activación del hemisferio derecho tanto en hombres como en mujeres al llevar a cabo una tarea de reconocimiento de rostros, pero una correlación positiva entre esa activación y las puntuaciones en un cuestionario de empatía únicamente en el caso de las mujeres. Ello podría indicar la existencia de diferencias de género en los sustratos neuronales que regulan la empatía, que irían fundamentalmente ligadas al hemisferio derecho [52].

### Estímulos somatosensoriales

Otro grupo de trabajos ha analizado la capacidad empática ante determinados estímulos somatosensoriales. En uno de ellos, los participantes eran tocados en sus piernas y/o veían películas en las que otras personas u otros objetos eran tocados [33]. La finalidad de la investigación era averiguar si la visualización de películas que representan varios

tipos de tacto, y no únicamente el mero hecho de ser tocado, activaba la corteza somatosensorial del observador. Los resultados pusieron de manifiesto que esta estructura cerebral, que se activa cuando el participante está siendo tocado (experiencia en primera persona), también lo hace cuando los participantes ven a alguien más o a algo que está siendo tocado (experiencia en tercera persona). Por tanto, la corteza somatosensorial secundaria formaría parte de un circuito compartido por la experiencia en primera y en tercera persona.

### Expresión de asco

Una de las estrategias metodológicas más empleadas en los trabajos sobre presentación de estímulos emocionales es la relacionada con la expresión de asco, emoción básica negativa esencial en el comportamiento humano. Tanto la observación de expresiones faciales de asco o dolor como la experiencia de asco en sí misma activan la ínsula anterior y el opérculo frontal adyacente, conjunto de estructuras que se denominan IFO [53]. Las lesiones en esta estructura alteran tanto la experiencia del asco [54] como la interpretación del asco en otras personas [55], por lo que se le podría atribuir un papel fundamental en la red de áreas cerebrales implicadas en el proceso de simulación de los estados observados en otros, haciendo de la ínsula una estructura neuronal fundamental tanto para el 'contagio emocional' como para la comprensión empática. El IFO se encargaría, por tanto, de los dos aspectos clave para la simulación: la activación de estados simulados y el sentir los propios estados, sean simulados o experimentados [56].

Se ha planteado la hipótesis de si el IFO se limitaría únicamente al procesamiento de estados negativos, como el dolor o el asco, o si también procesaría estados positivos. La ingestión de comidas y bebidas agradables asociadas con estados corporales positivos proporciona una manera de probar esta predicción. Siguiendo este procedimiento, se ha observado que las regiones del IFO implicadas en el procesamiento de nuestra propia sensación gustativa al beber se activarían también cuando los participantes ven a otros individuos bebiendo, tanto bebidas agradables como desagradables. Estos hallazgos apoyarían el papel del IFO en la representación de los estados corporales de otros y extendería su implicación a la empatía para las emociones o sensaciones positivas [57]. El IFO bilateral humano podría, por tanto, constituir un componente crítico del mecanismo neuronal que permitiría incorporar los estados corporales de otros en nuestros propios estados internos, facilitando de ese modo nuestra

comprensión del entorno social y, en última instancia, la supervivencia.

### Estudios sobre dolor

El dolor es un estado psicológico especial con una gran importancia evolutiva, que puede ser experimentado por uno mismo pero también percibido en los otros. La percepción y el procesamiento de una estimulación dolorosa son producto de una combinación de componentes perceptivos, sensoriales y emocionales o afectivos [58]. Mientras que la corteza sensorial primaria y la secundaria están principalmente implicadas en los aspectos sensoriales discriminativos [59], la corteza cingulada anterior (CCA) y la ínsula lo están en el componente afectivo-motivacional del dolor [60]. No obstante, ambos componentes están muy relacionados y es difícil diferenciarlos [61], denominándose a la red de circuitos neuronales relacionada con el dolor, 'matriz del dolor'. Numerosos estudios de neuroimagen indican que sólo el componente afectivo de la matriz del dolor estaría implicado en la empatía ante el dolor. Sin embargo, la empatía es un constructo complejo que no sólo consta del componente emocional, sino también del cognitivo y del somatomotor. Por tanto, es posible que la empatía pueda también basarse en mecanismos básicos que permitan representar las sensaciones de los otros en el propio sistema sensoriomotor.

Para confirmar la hipótesis de que la corteza somatosensorial primaria podría estar implicada en las representaciones compartidas de dolor y tacto, un grupo de sujetos observó, mediante la grabación de potenciales evocados somatosensoriales, la aplicación de estímulos dolorosos y no dolorosos en manos ajenas [62]. La observación de estímulos dolorosos en una persona desconocida causaba un incremento en la amplitud del componente P45, que correlacionaba positivamente con la intensidad del dolor. Además, esta amplitud se reducía mediante la observación de estímulos no dañinos en otra persona. Estos hallazgos coinciden con los descritos en un trabajo previo [31] e indican una relación específica entre la codificación de las cualidades sensoriales de las sensaciones corporales dolorosas y no dolorosas de los demás y las modulaciones del componente P45. También sugieren que observar las sensaciones corporales ajenas puede influir en la forma de procesar nuestras propias sensaciones somáticas. Es decir, la corteza somatosensorial primaria no sólo estaría implicada en la percepción real del dolor y del tacto, sino que también desempeñaría un papel destacado en la observación de las

características somáticas en las interacciones sociales. Jackson et al [30] obtuvieron resultados similares, ya que en su investigación, el hecho de observar a otros individuos en situaciones que provocan dolor activaba una parte específica de la red neural implicada en el procesamiento del dolor en uno mismo. Sin embargo, al igual que en otros estudios [6,32], no se produjeron cambios de activación en las cortezas somatosensoriales.

Recientemente se ha analizado la hipótesis de que la empatía produce una activación en las redes neuronales del dolor que hacen que incremente su percepción. Para ello, se evaluó la sensibilidad a estímulos calientes de diversa intensidad en personas que observaban a un actor que supuestamente se exponía a esos estímulos. El grupo de sujetos categorizado como altamente empáticos consideró los estímulos dolorosos más intensos y desagradables que el grupo de baja empatía [63]. En otro trabajo se exploraron los circuitos cerebrales implicados en el dolor que se siente al observar a una persona con la que existe una vinculación afectiva (en este caso, las parejas emocionales) que lo experimenta [6]. Analizaron la actividad cerebral en mujeres mientras se aplicaba una estimulación dolorosa en su mano derecha o en la de su compañero sentimental. Los resultados mostraron que la ínsula anterior bilateral, la CCA rostral, el troncoencéfalo y el cerebelo se activaban cuando los sujetos recibían dolor propio y también cuando se aplicaba a su pareja sentimental. Sin embargo, la activación en la ínsula posterior, en la corteza somatosensorial secundaria, en la corteza sensoriomotora y en la CCA caudal fue específica para el dolor propio. Además, a mayor puntuación en preocupación empática (mayores sentimientos de compasión y afecto ante el malestar de otros), mayor activación en la ínsula anterior y en la CCA rostral (áreas que se activaban significativamente cuando veían sufrir a sus compañeros). Por tanto, sólo la respuesta cerebral de activación en la ínsula anterior y en la CCA rostral sería común para el dolor propio y el experimentado por otras personas con las que existe una vinculación emocional. Ello sugiere que el sustrato neuronal para la experiencia empática no implicaría la 'matriz del dolor' completa, por lo que los autores concluyeron que sólo la parte de la red del dolor asociada con las cualidades afectivas (y no con las cualidades sensitivas) mediaría la empatía. Estos resultados coincidirían con los posteriormente obtenidos por Morrison et al [32].

Las expresiones faciales de dolor desempeñan un papel fundamental en la comunicación social. En este sentido, ya desde una edad temprana, el ser humano muestra tanto una sensibilidad especial

ante la captación del dolor ajeno como una capacidad para la evaluación del dolor en expresiones faciales [64]. Los sustratos neuronales básicos del procesamiento de las expresiones faciales de dolor fueron por primera vez estudiados por Botvinick et al [29], utilizando para ello un grupo de mujeres jóvenes que visualizaban secuencias de vídeo en las que se mostraban expresiones faciales neutras (en las que no había dolor) o de dolor moderado. Para identificar las áreas que se activaban durante la propia experiencia de dolor también recibieron estimulación cutánea termal dolorosa y no dolorosa. Los resultados del estudio mostraron que durante la visión de expresiones faciales de dolor, en contraposición a las neutras, se activaron la CCA y la ínsula de forma bilateral. También se observó un aumento en la actividad del tálamo, el cerebelo, la corteza frontal medial (tres áreas que suelen activarse con el propio dolor) y la corteza orbitofrontal, además de la amígdala izquierda. Al mismo tiempo, se registró la activación de diversas áreas relacionadas con la visión en la corteza occipital y áreas del lóbulo parietal inferior, de la corteza temporal superior y del giro fusiforme derecho. Algunas de las áreas mencionadas también se activaron durante la estimulación cutánea dolorosa en comparación con la no dolorosa, concretamente la CCA y la ínsula de forma bilateral, el cerebelo, el tálamo y la corteza frontal medial. Sin embargo, y coincidiendo con estudios previos [65], hubo otras dos áreas que se activaron únicamente durante el análisis de dolor termal: la corteza prefrontal dorsolateral derecha y la corteza cingulada posterior. Los autores concluyeron que tanto la experimentación del propio dolor como su identificación en otras personas a través de sus expresiones faciales activarían un grupo de intersección de áreas implicadas en la representación del propio estado afectivo y en el de otros. Las áreas que se activaban en común ante el dolor (especialmente la CCA, aunque también la ínsula, la amígdala y la corteza orbitofrontal) también estarían implicadas en el procesamiento de otros estados afectivos y somáticos. Varios estudios previos ya habían descrito una activación de estructuras sensibles al dolor, como la CCA y la ínsula, en situaciones en las que los sujetos no veían directamente expresiones de dolor, sino que observaban cómo se aplicaban estímulos nocivos a otro individuo desconocido [66] o, como se ha comentado, a su propia pareja [6]. Este estudio es consistente con los anteriores y además muestra que la mera observación de la conducta o expresión facial relacionada con el dolor resulta suficiente para activar estas estructuras neuronales del dolor.

El hallazgo principal de la investigación de Jackson et al [30], ya comentada, es la activación en la CCA y en la ínsula anterior durante la percepción y valoración del dolor en otra persona. Ello es consistente con estudios previos de neuroimagen, que mostraron su papel en el aspecto afectivo del procesamiento del dolor [67] y en empatía para el dolor [6]. Estas regiones se consideran áreas corticales clave implicadas en la regulación de sentimientos subjetivos de carácter desagradable relacionados con el dolor en humanos. La fuerte correlación entre la actividad de la CCA y la valoración de los participantes del dolor ajeno apoyan el papel fundamental de esta región en las funciones atencionales y de evaluación asociadas a las situaciones que evocan dolor [68]. Asimismo, este mecanismo también estaría implicado en la evaluación del dolor en los demás. Dichas observaciones apoyarían el descubrimiento de Hutchison et al [66], quienes identificaron neuronas en la CCA de pacientes neurológicos que respondían tanto a estimulación dolorosa como a la anticipación o la observación de la misma estimulación aplicada a otra persona. No obstante, en contraposición al estudio de Singer et al [6], estos autores no encontraron ninguna correlación significativa entre el cuestionario de empatía y los cambios hemodinámicos observados.

En otra investigación se visualizó un vídeo en el que se mostraba un instrumento nocivo (p. ej., un cuchillo afilado) o un instrumento inocuo (p. ej., un cuchillo para untar mantequilla) acercándose a la mano de una persona, y se tenía que pulsar o no un botón que emitía una respuesta en función de si el instrumento hería o no la mano. Las respuestas más rápidas se daban ante instrumentos nocivos que producían heridas, por lo que la combinación del estímulo y la acción afectaba al tiempo de reacción. La activación cerebral aumentó durante la combinación de instrumentos nocivos y la presencia de heridas sólo en las regiones medial, dorsal anterior y dorsal posterior de la corteza cingulada. Esta activación dependía de si el sujeto mostraba respuesta motora ante la presentación del estímulo, lo que relacionaba la observación del dolor con el procesamiento motor de éste. El estudio sugiere que la representación funcional en las regiones premotoras mediales de la corteza estaría implicada en el 'dolor empático' [32]. A raíz de los trabajos comentados, podría concluirse que la CCA también desempeña un papel central en el aprendizaje aversivo [69]. De esta manera, la respuesta de dicha estructura cerebral cuando se es testigo del dolor se relacionaría con el aprendizaje de evitación observacional, lo que permitiría aprender a evitar el dolor sin necesidad de experimentarlo personalmente.

En relación a ello, se ha señalado que la activación de la amígdala indicaría que el condicionamiento de miedo también podría inducirse mediante la observación de expresiones de dolor [29].

Una investigación reciente ha puesto de manifiesto que la empatía puede incrementarse mediante la administración de oxitocina y que las diferencias individuales en la conducta prosocial desempeñan un rol fundamental en las respuestas cerebrales empáticas [70]. Tras administrar oxitocina e infligir estimulación dolorosa a un grupo de hombres en su propia mano o en la de su pareja, no se observaron cambios en la activación de la ínsula anterior. Sin embargo, la oxitocina redujo la activación de la amígdala cuando los participantes recibían estimulación dolorosa en su propia mano, un efecto que aparecía únicamente en los participantes más egoístas. Esto fue interpretado por los autores en el sentido de que, en contra de lo que se había postulado, los individuos egoístas podrían ser menos racionales y más emocionales, ya que sus acciones estarían más determinadas por los estados de ansiedad que por la razón. Por otra parte, la administración intranasal de oxitocina facilitó la ejecución en una tarea (mucho más cuanto más difícil era) de reconocimiento de emociones en la mirada, tarea en la que únicamente se presentan fotografías de los ojos de personas y hay que señalar con qué emoción se corresponden [71].

Según Lamm et al [72], la respuesta altruista-empática o individualista-egoísta ante la observación de dolor en los otros dependería de la capacidad de diferenciación entre uno mismo y los demás, y de la valoración cognitiva que se hace de la situación. Para comprobar esta hipótesis, se obtuvieron medidas conductuales y de activación cerebral mientras los participantes observaban las expresiones faciales de dolor como resultado de un tratamiento médico. Se presentaron secuencias de rostros de pacientes y se dio la instrucción de imaginar los sentimientos del paciente o imaginarse a uno mismo en la situación del paciente. Se manipuló además la valoración cognitiva de la situación, dando a los participantes información sobre si el tratamiento médico había resultado satisfactorio o no. La toma de perspectiva y el conocimiento de la efectividad del tratamiento produjeron cambios en la activación cerebral en la ínsula, la CCA medial, la amígdala y diversas áreas visuales, incluyendo el giro fusiforme. Imaginarse a uno mismo en esa situación incrementó la activación cerebral (aunque de forma más gradual) en la ínsula media, la CCA medial, las áreas premotoras mediales y laterales, así como los lóbulos parietales. Además, el conocimiento de la efectividad del

tratamiento incrementó la señal en la CCA, la corteza orbitofrontal ventromedial, la circunvolución frontal lateromedial derecha y el cerebelo. Los resultados se interpretaron en el sentido de que las respuestas humanas ante el dolor de los demás se verían moduladas por los procesos cognitivos y motivacionales, lo cual podría extrapolarse a la observación de otra persona en necesidad de ayuda y la reacción empática hacia ella.

La percepción del dolor de otras personas también se ve modulada por diversos factores como la experiencia del individuo que lo observa [73]. En este sentido, se compararon médicos expertos en acupuntura con participantes que nunca habían realizado prácticas de este tipo mientras observaban secuencias en las que se insertaban agujas en diversas partes del cuerpo, incluyendo la boca, las manos y los pies. La ínsula anterior, la corteza somatosensorial, la sustancia gris periacueductal y la CCA del grupo sin experiencia mostraron una gran activación, pero no se activaron en el caso de los médicos con experiencia, quienes, en lugar de ello, incrementaron la activación cerebral en las cortezas prefrontales medial y superior y en la encrucijada temporoparietal, estructuras más implicadas en la regulación de las emociones.

Recientemente se ha demostrado que las mujeres pueden ser más reactivas que los hombres a la observación de estímulos dolorosos (lo reflejaría la respuesta vicaria al dolor) y, por tanto, más empáticas [74]. Se ha analizado si ambos géneros difieren en las respuestas cerebrales ante la presentación de fotografías emocionales en las que aparecen personas en diversos contextos (positivos o negativos) o paisajes rurales o urbanos [75]. En ambos géneros, el contraste entre sufrimiento y felicidad en la presentación de las fotografías se relacionó con diferencias en la activación del área occipitotemporal, de la corteza occipital derecha, de la región parahipocámpal (a nivel bilateral), de la corteza prefrontal dorsal izquierda y de la amígdala izquierda. Sin embargo, el incremento de la activación en la amígdala derecha y en el área frontal derecha se observó únicamente en mujeres. El contraste entre la presentación de fotografías de personas y de paisajes mostró diferencias en la activación de la circunvolución occipital medial en hombres, y del parietal inferior y temporal superior izquierdos y cingulado derecho, en mujeres.

## Empatía y perdón

Una serie de estudios han valorado la empatía junto a la conducta de perdonar a otra persona. La prime-

ra investigación en este campo fue llevada a cabo por Farrow et al [76], quienes obtuvieron que tanto los juicios empáticos como los de perdón activaban la circunvolución frontal superior izquierda y la corteza orbitofrontal. Las actitudes empáticas activaron las áreas temporal medial anterior izquierda y frontal inferior izquierda, mientras que el perdón activó el giro cingulado dorsal. Un estudio posterior de los mismos autores confirmaría la implicación de estas estructuras neuronales en la empatía y el perdón [77]. En él, pacientes de ambos géneros con trastorno por estrés postraumático realizaron una tarea en la que leyeron una historia y, posteriormente, emitieron un juicio sobre ésta que implicaba tres aspectos básicos: especulación sobre las intenciones de otros, evocar empatía y hacer juicios de perdón sobre sus acciones. Tras ello, los sujetos se sometieron a una terapia de modificación cognitivo-conductual, después de la cual se observó un aumento en la activación de las regiones cerebrales descritas en su trabajo previo en sujetos sanos. En concreto, se produjo una activación significativa de la circunvolución temporal medial izquierda en la respuesta postterapia a la empatía y la activación del giro cingulado posterior en la respuesta postterapia a los juicios de perdón. Estas regiones específicas del cerebro activadas por la empatía y los juicios de perdón cambiaron con la resolución de los síntomas de trastorno por estrés postraumático, lo que sugeriría que tanto el paso del tiempo como la propia terapia podrían estar contribuyendo a alcanzar un nivel 'normalizado' de respuesta neuronal en estas tareas sociales cognitivas.

## Conclusiones

El desarrollo de las técnicas de neuroimagen ha hecho posible que se produzca un espectacular avance en el conocimiento de las estructuras neuronales implicadas en diversos procesos psicológicos y comportamientos complejos. En este sentido, en los últimos años ha habido un notable incremento del número de estudios focalizados en analizar y comprender el funcionamiento de los circuitos cerebrales implicados en la empatía. Así, se han llevado a cabo diversas estrategias experimentales para tratar de reproducir en el laboratorio diversas situaciones que podrían producir empatía de manera similar a como ocurre en la vida cotidiana.

Los principales diseños experimentales se centran en la presentación de estímulos con contenido emocional –imágenes o situaciones–, estímulos dolorosos o estímulos somatosensoriales, y en el

análisis de la relación entre empatía y perdón. Estos estudios han puesto de manifiesto que, entre otras estructuras, las cortezas prefrontal y temporal, la amígdala y otras estructuras límbicas como la ínsula y la corteza cingulada desempeñan un papel fundamental en la empatía. Las estructuras cerebrales previamente señaladas guardarían semejanza con aquellas relacionadas con la agresión y la violencia [78], por lo que los circuitos neuronales implicados en la empatía y la violencia podrían ser parcialmente similares.

Se ha criticado gran parte de estas investigaciones resaltando la inadecuación de algunos aspectos metodológicos en la realización de los trabajos publicados [79], ya que se ha observado que numerosos investigadores seleccionaban los resultados que indicaban niveles de actividad significativos en ciertas estructuras cerebrales, ignorando los demás, y a partir de ellos construían la medida de actividad cerebral. Todo esto contribuiría, en última instancia, a incrementar las correlaciones y mostrar resultados que carecían de una fiabilidad absoluta.

La gran complejidad del tema, así como de los resultados obtenidos hasta el momento, hace necesario plantear futuros estudios en los que se intenten controlar al máximo numerosas variables, como el modelo teórico del que se parte, la estrategia metodológica utilizada, el tipo de técnica empleada, las variaciones individuales en la empatía, las diferencias de género y la personalidad de los sujetos. Del mismo modo, es fundamental integrar toda esta información con la proveniente de otros trabajos centrados en la vertiente patológica de la empatía, como los llevados a cabo en autismo, esquizofrenia, daño frontal o síndrome apático, entre otros.

### Bibliografía

- Preston SD, De Waal FB. Empathy: its ultimate and proximate bases. *Behav Brain Sci* 2002; 25: 1-20; discussion 20-71.
- Chartrand TL, Bargh JA. The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction. *J Pers Soc Psychol* 1999; 76: 893-910.
- Carr L, Iacoboni 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 U S A* 2003; 100: 5497-502.
- Eisenberg N. Emotion, regulation, and moral development. *Annu Rev Psychol* 2000; 51: 665-97.
- Mestre V, Frías MD, Samper P. La medida de la empatía: análisis del Interpersonal Reactivity Index. *Psicothema* 2004; 16: 255-60.
- Singer T, Seymour B, O'Doherty J, Kaube H, Dolan RJ, Frith CD. Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science* 2004; 303: 1157-62.
- Kunda Z. *Social cognition: making sense of people*. Cambridge, MA: MIT Press; 1999.
- Pinkham AE, Penn DL. Neurocognitive and social cognitive predictors of interpersonal skill in schizophrenia. *Psychiatry Res* 2006; 143: 167-78.
- Penn DL, Corrigan PW, Bentall RP, Racenstein JM, Newman L. Social cognition in schizophrenia. *Psychol Bull* 1997; 121: 114-32.
- Fiori M. A new look at emotional intelligence: a dual-process framework. *Pers Soc Psychol Rev* 2009; 13: 21-44.
- Mayer JD, Salovey P, Caruso DR, Sitarenios G. Emotional intelligence as a standard intelligence. *Emotion* 2001; 1: 232-42.
- Contreras M, Ceric F, Torrealba F. El lado negativo de las emociones: la adicción a drogas de abuso. *Rev Neurol* 2008; 47: 471-6.
- Fiske AP. The four elementary forms of sociality: framework for a unified theory of social relations. *Psychol Rev* 1992; 99: 689-723.
- Corrigan PW, Wallace CJ, Green MF. Deficits in social schemata in schizophrenia. *Schizophr Res* 1992; 8: 129-35.
- Kinderman P, Bentall RP. Causal attributions in paranoia and depression: internal, personal, and situational attributions for negative events. *J Abnorm Psychol* 1997; 106: 341-5.
- Call J, Tomasello M. Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends Cogn Sci* 2008; 12: 187-92.
- Duño R, Pousa E, Miguélez M, Ruiz A, Langohr K, Tobeña A. Ajuste premórbido pobre vinculado al deterioro en habilidades de teoría de la mente: estudio en pacientes esquizofrénicos estabilizados. *Rev Neurol* 2008; 47: 242-6.
- Bora E, Yucel M, Pantelis C. Theory of mind impairment in schizophrenia: meta-analysis. *Schizophr Res* 2009; 109: 1-9.
- Casanova MF. La esquizofrenia como condición neurológica debida a un fallo en la lateralización del cerebro: observaciones macro y microscópicas. *Rev Neurol* 2009; 49: 136-42.
- Spinella M. Prefrontal substrates of empathy: psychometric evidence in a community sample. *Biol Psychol* 2005; 70: 175-81.
- Blair RJ. Dissociable systems for empathy. *Novartis Found Symp* 2007; 278: 134-41; discussion 141-5, 216-21.
- Davis MH. A multidimensional approach to individual differences in empathy. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology* 1980; 10: 85.
- Davis MH. Measuring individual differences in empathy: evidence for a multidimensional approach. *J Pers Soc Psychol* 1983; 44: 113-26.
- Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* 1996; 119 (Pt 2): 593-609.
- 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.
- Umiltà MA, Kohler E, Gallese V, Fogassi L, Fadiga L, Keysers C, et al. I know what you are doing. A neurophysiological study. *Neuron* 2001; 31: 155-65.
- Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci* 2001; 2: 661-70.
- Wicker B, Keysers C, Plailly J, Royet JB, Gallese V, Rizzolatti G. Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron* 2003; 40: 655-64.
- Botvinick M, Jha AP, Bylsma LM, Fabian SA, Solomon PE, Prkachin KM. Viewing facial expressions of pain engages cortical areas involved in the direct experience of pain. *Neuroimage* 2005; 25: 312-9.
- Jackson PL, Meltzoff AN, Decety J. How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy. *Neuroimage* 2005; 24: 771-9.
- Avenanti A, Minio-Paluello I, Bufalari I, Aglioti SM. Stimulus-driven modulation of motor-evoked potentials during observation of others' pain. *Neuroimage* 2006; 32: 316-24.
- Morrison I, Peelen MV, Downing PE. The sight of others' pain modulates motor processing in human cingulate cortex. *Cereb Cortex* 2007; 17: 2214-22.
- Keysers C, Wicker B, Gazzola V, Anton JL, Fogassi L, Gallese V.

- A touching sight: SII/PV activation during the observation and experience of touch. *Neuron* 2004; 42: 335-46.
34. Iacoboni M, Woods RP, Brass M, Bekkering H, Mazziotta JC, Rizzolatti G. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* 1999; 286: 2526-8.
  35. Tettamanti M, Buccino G, Saccuman MC, Gallese V, Danna M, Scifo P, et al. Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *J Cogn Neurosci* 2005; 17: 273-81.
  36. Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, Buccino G, Mazziotta JC, Rizzolatti G. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol* 2005; 3: e79.
  37. Buccino G, Binkofski F, Fink GR, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur J Neurosci* 2001; 13: 400-4.
  38. Gazzola V, Aziz-Zadeh L, Keysers C. Empathy and the somatopic auditory mirror system in humans. *Curr Biol* 2006; 16: 1824-9.
  39. Iacoboni M. Imitation, empathy, and mirror neurons. *Annu Rev Psychol* 2009; 60: 653-70.
  40. Van Baaren RB, Holland RW, Kawakami K, Van Knippenberg A. Mimicry and prosocial behavior. *Psychol Sci* 2004; 15: 71-4.
  41. Cheng Y, Lee PL, Yang CY, Lin CP, Hung D, Decety J. Gender differences in the mu rhythm of the human mirror-neuron system. *PLoS One* 2008; 3: e2113.
  42. Shamay-Tsoory SG, Aharon-Peretz J, Perry D. Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain* 2009; 132 (Pt 3): 617-27.
  43. Preston SD, Bechara A, Damasio H, Grabowski TJ, Stansfield RB, Mehta S, et al. The neural substrates of cognitive empathy. *Soc Neurosci* 2007; 2: 254-75.
  44. Geday J, Gjedde A, Boldsen AS, Kupers R. Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontal cortex in social perception. *Neuroimage* 2003; 18: 675-84.
  45. Paradiso S, Johnson DL, Andreasen NC, O'Leary DS, Watkins GL, Ponto LL, et al. Cerebral blood flow changes associated with attribution of emotional valence to pleasant, unpleasant, and neutral visual stimuli in a PET study of normal subjects. *Am J Psychiatry* 1999; 156: 1618-29.
  46. Iidaka T, Omori M, Murata T, Kosaka H, Yonekura Y, Okada T, et al. Neural interaction of the amygdala with the prefrontal and temporal cortices in the processing of facial expressions as revealed by fMRI. *J Cogn Neurosci* 2001; 13: 1035-47.
  47. Reiman EM, Lane RD, Ahern GL, Schwartz GE, Davidson RJ, Friston KJ, et al. Neuroanatomical correlates of externally and internally generated human emotion. *Am J Psychiatry* 1997; 154: 918-25.
  48. Hein G, Singer T. I feel how you feel but not always: the empathic brain and its modulation. *Curr Opin Neurobiol* 2008; 18: 153-8.
  49. Ruby P, Decety J. How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *J Cogn Neurosci* 2004; 16: 988-99.
  50. Nummenmaa L, Hirvonen J, Parkkola R, Hietanen JK. Is emotional contagion special? An fMRI study on neural systems for affective and cognitive empathy. *Neuroimage* 2008; 43: 571-80.
  51. Schulte-Ruther M, Markowitsch HJ, Shah NJ, Fink GR, Piefke M. Gender differences in brain networks supporting empathy. *Neuroimage* 2008; 42: 393-403.
  52. Rueckert L, Naybar N. Gender differences in empathy: the role of the right hemisphere. *Brain Cogn* 2008; 67: 162-7.
  53. Phillips ML, Young AW, Senior C, Brammer M, Andrew C, Calder AJ, et al. A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature* 1997; 389: 495-8.
  54. Adolphs R, Tranel D, Damasio AR. Dissociable neural systems for recognizing emotions. *Brain Cogn* 2003; 52: 61-9.
  55. Calder AJ, Keane J, Manes F, Antoun N, Young AW. Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nat Neurosci* 2000; 3: 1077-8.
  56. Keysers C, Gazzola V. Towards a unifying neural theory of social cognition. *Prog Brain Res* 2006; 156: 379-401.
  57. O'Doherty JP, Deichmann R, Critchley HD, Dolan RJ. Neural responses during anticipation of a primary taste reward. *Neuron* 2002; 33: 815-26.
  58. Ploghaus A, Becerra L, Borras C, Borsook D. Neural circuitry underlying pain modulation: expectation, hypnosis, placebo. *Trends Cogn Sci* 2003; 7: 197-200.
  59. Bushnell MC, Duncan GH, Hofbauer RK, Ha B, Chen JL, Carrier B. Pain perception: is there a role for primary somatosensory cortex? *Proc Natl Acad Sci U S A* 1999; 96: 7705-9.
  60. Rainville P, Duncan GH, Price DD, Carrier B, Bushnell MC. Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. *Science* 1997; 277: 968-71.
  61. Hofbauer RK, Rainville P, Duncan GH, Bushnell MC. Cortical representation of the sensory dimension of pain. *J Neurophysiol* 2001; 86: 402-11.
  62. Bufalari I, Aprile T, Avenanti A, Di Russo F, Aglioti SM. Empathy for pain and touch in the human somatosensory cortex. *Cereb Cortex* 2007; 17: 2553-61.
  63. Loggia ML, Mogil JS, Bushnell MC. Empathy hurts: compassion for another increases both sensory and affective components of pain perception. *Pain* 2008; 136: 168-76.
  64. Prkachin KM, Mass H, Mercer SR. Effects of exposure on perception of pain expression. *Pain* 2004; 111: 8-12.
  65. Peyron R, Laurent B, Garcia-Larrea L. Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis. *Neurophysiol Clin* 2000; 30: 263-88.
  66. Hutchison WD, Davis KD, Lozano AM, Tasker RR, Dostrovsky JO. Pain-related neurons in the human cingulate cortex. *Nat Neurosci* 1999; 2: 403-5.
  67. Coghill RC, Sang CN, Maisog JM, Iadarola MJ. Pain intensity processing within the human brain: a bilateral, distributed mechanism. *J Neurophysiol* 1999; 82: 1934-43.
  68. Price DD. Psychological and neural mechanisms of the affective dimension of pain. *Science* 2000; 288: 1769-72.
  69. Buchel C, Morris J, Dolan RJ, Friston KJ. Brain systems mediating aversive conditioning: an event-related fMRI study. *Neuron* 1998; 20: 947-57.
  70. Singer T, Snozzi R, Bird G, Petrovic P, Silani G, Heinrichs M, et al. Effects of oxytocin and prosocial behavior on brain responses to direct and vicariously experienced pain. *Emotion* 2008; 8: 781-91.
  71. Domes G, Heinrichs M, Michel A, Berger C, Herpertz SC. Oxytocin improves 'mind-reading' in humans. *Biol Psychiatry* 2007; 61: 731-3.
  72. Lamm C, Batson CD, Decety J. The neural substrate of human empathy: effects of perspective-taking and cognitive appraisal. *J Cogn Neurosci* 2007; 19: 42-58.
  73. Cheng Y, Lin CP, Liu HL, Hsu YY, Lim KE, Hung D, et al. Expertise modulates the perception of pain in others. *Curr Biol* 2007; 17: 1708-13.
  74. Han S, Fan Y, Mao L. Gender difference in empathy for pain: an electrophysiological investigation. *Brain Res* 2008; 1196: 85-93.
  75. Proverbio AM, Adorni R, Zani A, Trestianu L. Sex differences in the brain response to affective scenes with or without humans. *Neuropsychologia* 2009; 47: 2374-88.
  76. Farrow TF, Zheng Y, Wilkinson ID, Spence SA, Deakin JE, Tarrier N, et al. Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. *Neuroreport* 2001; 12: 2433-8.
  77. Farrow TF, Hunter MD, Wilkinson ID, Gouneea C, Fawbert D, Smith R, et al. Quantifiable change in functional brain response to empathic and forgiveness judgments with resolution of posttraumatic stress disorder. *Psychiatry Res* 2005; 140: 45-53.
  78. Moya-Albiol L. Bases neuronales de la violencia humana. *Rev Neurol* 2004; 38: 1067-75.
  79. Vul E, Harris C, Winkielman P, Pashler H. Puzzlingly high correlations in fMRI studies of emotion, personality, and social cognition (paper formerly known as 'Voodoo correlations in social neuroscience'). *Perspectives on Psychological Science* 2009; 4: 274-290.

### The neural bases of empathy

**Introduction.** Empathy is understood to refer to the capacity to vicariously experience the emotional states of others, and is considered to play a crucial role in many forms of adaptive social interaction. It has two components, one of which is cognitive and strongly related to the capacity to abstract the mental processes of other people, while the other is emotional and would be the reaction to the emotional state of another person. The development of neuroimaging techniques has made it possible to further our knowledge of the neuronal circuits involved in empathy by using a variety of strategies in the laboratory. The main studies in this field have focused on the presentation of stimuli. Thus, we have distinguished between those that involve emotions or expressing disgust, somatosensory and painful stimuli, and also those that analyse the relationship between empathy and forgiveness.

**Aims and development.** Our aim in this study was to offer an updated view of the brain structures involved in empathy by analysing the different methodological strategies used in the scientific literature on this topic. Furthermore, we also sought to show the behavioural and neuroanatomical dissociation that exists between the cognitive and emotional components of empathy, as well as the fact that the majority of neural circuits regulating empathy are similar to those related to aggression and violence.

**Key words.** Empathy. Limbic system. Mirror neurons. Neuroimaging. Prefrontal cortex. Temporal cortex.