

# Prehabilitación neurológica: para reducir las secuelas cognitivas y motoras en el tratamiento quirúrgico de los tumores cerebrales



**Josep Maria Tormos**  
Doctor en Medicina y  
Cirugía  
Director de Investigación  
Fundació Institut Guttmann

*El tratamiento más eficaz y resolutivo de los tumores cerebrales es extirparlos totalmente mediante cirugía. Esto requiere la retirada de todo el tejido tumoral, junto a una pequeña porción del tejido cerebral sano que lo rodea, para no dejar ninguna célula patológica que pueda reproducirse. El tejido del tumor son agrupaciones de células sin una función específica, por lo que su eliminación no supondría ningún problema, pero el tejido sano sí tiene capacidad funcional, y su eliminación podría dar lugar a déficits o lesiones neurológicas después de la cirugía. Por ello, en el tratamiento de los tumores cerebrales, el éxito de la cirugía depende de un equilibrio delicado entre garantizar la resección total y evitar una lesión que pueda ocasionar discapacidad.*

La principal estrategia para optimizar este procedimiento, hasta ahora, se basa en los estudios realizados hace casi un siglo por Wilder Penfield y sus

colaboradores. En 1937 publicaron su trabajo *Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation* (“Representación motora y sensorial en la corteza cerebral del hombre, estudiado mediante estimulación eléctrica”). El artículo significó un hito en la historia de la neurociencia,



concretamente en la representación y localización de las funciones cognitivas en la corteza cerebral, pero también se convirtió en la piedra angular de la neurocirugía, tal y como se concibe en nuestros días.

Penfield reprodujo las técnicas de estimulación eléctrica que otros investigadores había desarrollado en modelos animales para estudiar la localización de fenómenos epilépticos y llevar a cabo lesiones selectivas sobre los focos epilépticos, para interferir en su funcionamiento y conseguir un mejor control de las crisis convulsivas. Pero, además, desarrolló una técnica de mapeo de las funciones sensoriales y motoras, así como de las funciones cognitivas más complejas resultantes de su integración. En aquel momento (primer cuarto del siglo xx), la anestesia general era un procedimiento complejo y entrañaba un riesgo considerable, por lo que muchos procedimientos se realizaban con anestesia local. Como el tejido cerebral no tiene receptores sensoriales, una vez anestesiada la piel, el tejido óseo y las meninges, era posible llevar a cabo la intervención sin dormir al paciente.

Aprovechando que el paciente se encontraba despierto, practicaba una estimulación sistemática del área donde

*Aprovechando que el paciente se encontraba despierto, Wilder Penfield practicaba una estimulación sistemática del área donde iba a realizarse la intervención, para identificar zonas que podían provocar las crisis epilépticas y lesionarlas quirúrgicamente para evitarlas.*

iba a realizarse la intervención, para identificar zonas que podían provocar las crisis epilépticas y lesionarlas quirúrgicamente para evitarlas. Además, localizaba la representación de funciones sensoriales, motoras o cognitivas en las áreas circundantes, para evitar lesionarlas y prevenir un déficit posterior como resultado de la cirugía. Posteriormente, trasladó este procedimiento al estudio y delimitación de las áreas tumorales y los límites de seguridad para su resección, así como al tratamiento quirúrgico de otras enfermedades.

El mapeo intraoperatorio ha sido, hasta nuestros



días, la técnica de elección para optimizar el resultado de la cirugía de los tumores cerebrales, y se ha perfeccionado mediante la incorporación de estrategias más modernas y menos invasivas que complementan el mapeo intraoperatorio. En la actualidad, antes de realizar la intervención, es posible conocer perfectamente la extensión, vascularización y grado de infiltración de los tumores mediante resonancia magnética; las áreas que se activan al realizar distintas funciones mediante resonancia funcional; las vías neurológicas que conectan cada zona mediante estudios de tractografía, así como anticipar el resultado de la estimulación directa, mediante técnicas de estimulación cerebral no invasiva. Además, toda esta información puede ser integrada y ofrecida al cirujano, en tiempo real y sobre el mismo campo quirúrgico, mediante su integración en sistemas de realidad aumentada.

Sin embargo, el reto de la cirugía del siglo XXI va más allá: mejorar la precisión en la lesión quirúrgica o desarrollar procedimientos cada vez menos invasivos. El reto actual se centra en actuar antes de la intervención para optimizar la capacidad de recuperación de cada persona.

### ¿Qué es la prehabilitación?

La experiencia clínica nos muestra continuamente que pacientes con una misma enfermedad, con un grado de afectación semejante, que son sometidos a un mismo proceso quirúrgico y reciben los mismos cuidados posoperatorios, pueden presentar diferentes complicaciones e, incluso, evolucionar de forma distinta. La explicación a este

fenómeno reside en la variabilidad interindividual entre pacientes respecto a la presencia de factores que podrían actuar de protectores o promotores de la recuperación y otros factores que podrían dificultarla. Lo más interesante es que muchos de estos factores son modificables y sería posible, en teoría, desarrollar programas personalizados para optimizarlos previamente a la realización de la intervención. En cirugía digestiva, cardíaca y respiratoria (entre otras disciplinas), existen numerosos estudios que reflejan el beneficio de programas de acondicionamiento físico (mejoría de la capacidad aeróbica), la reducción del sobrepeso, abandonar el consumo de tabaco o alcohol y el entrenamiento en técnicas de relajación y gestión del estrés que supone la intervención. Este conjunto de intervenciones previas a la cirugía para optimizar el proceso de rehabilitación una vez que se ha producido la intervención, se conoce con el nombre de prehabilitación.

### ¿Es posible prevenir las secuelas de la cirugía en el tratamiento de tumores cerebrales?

En el sistema nervioso, en concreto, se dan una serie de circunstancias que incrementan el atractivo de la prehabilitación en la prevención (y posterior recuperación) de las secuelas de la cirugía de los tumores cerebrales.

**En primer lugar, la naturaleza plástica del sistema nervioso.** Nuestra capacidad de representar la información que recibimos y procesarla elaborando respuestas motoras depende, totalmente, del patrón de conexiones neuronales. La plasticidad cerebral es la propiedad intrínseca

*En cirugía digestiva, cardiaca y respiratoria existen numerosos estudios que reflejan el beneficio de programas de acondicionamiento físico, la reducción del sobrepeso, abandonar el consumo de tabaco o alcohol y el entrenamiento en técnicas de relajación y gestión del estrés que supone la intervención.*

de nuestro sistema nervioso de modificar esta capacidad de representación e integración de la información a partir de la experiencia, dando lugar a la aparición de nuevas capacidades funcionales, fruto de la modificación de dicho patrón de conexiones. Estos cambios, son posibles y son consecuencia de la experiencia, pero requieren de la activación continuada y repetida (entrenamiento), al mismo tiempo que pueden verse acelerados o enlentecidos por la coincidencia en el tiempo de estímulos con distinto significado y relevancia emocional.

**En segundo lugar, la representación distribuida, en amplias redes neurales, de los procesos cognitivos,** tal y como describe el profesor Joaquín Fuster en su *Paradigma reticular de la memoria cortical* (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20200845/>). Según estas teorías, todas las funciones cognitivas, desde las más sencillas a las más complejas, son consecuencia de la integración de estímulos sensoriales con todas y cada una de las posibles respuestas motoras. La memoria dependería de la capacidad de evocar y re-

presentar cada situación, y el aprendizaje consistiría en el establecimiento y mantenimiento de nuevas conexiones, que daría lugar a nuevas representaciones pero modificarían, también, el significado de las conexiones existentes.

Como consecuencia de este hecho, en contra de lo que se ha venido pensando mucho tiempo, las funciones cognitivas (cerebrales) no residen en una única localización, sino que requieren de un conjunto de elementos conectados en distintas zonas del cerebro. De este modo, una lesión en una localización concreta podría alterar el funcionamiento de la red y dar lugar a la pérdida o la alteración de la función. Sin embargo, el resto de los elementos podrían reorganizarse permitiendo la recuperación de la función o la adaptación de la red para dar una respuesta distinta, pero con un significado funcional equivalente. Esta capacidad de reorganización de las conexiones restantes sería una consecuencia de la capacidad plástica del sistema nervioso de la que hablábamos en párrafos anteriores.

Sin embargo, es necesario aclarar, en este punto, que la capacidad plástica del sistema nervioso no es la capacidad de adaptarse a una lesión, sino la capacidad intrínseca del sistema nervioso de modificar el patrón de sus conexiones a partir de la experiencia. En condiciones de normalidad, los cambios están regulados genéticamente y, si bien no han de ser necesariamente adaptativos, se benefician del filtro de cientos de miles de años de cambios evolutivos. En situaciones de daño cerebral, este se produce (ya sea de forma fortuita o lentamente evolutiva) en localizaciones aleatorias. Por ello, el nuevo patrón de conexión resultante no puede beneficiarse de este proceso de “experiencia”, y los cambios que resulten no tienen por qué ser necesariamente adaptativos. Es por ello que la rehabilitación se ha especializado en identificar los cambios y diseñar intervenciones para guiarlos, potenciando aquellos que resultan en una mejoría funcional y corrigiendo los que no lo hacen.

En tercer lugar, la posibilidad de optimizar el funcionamiento de nuestro cerebro. La salud cerebral (tener un cerebro sano) podría definirse como disponer del conjunto de

conexiones cerebrales necesarias para desarrollar una vida plena y satisfactoria; y la reserva cognitiva o resiliencia cerebral, como la capacidad de reorganizar este patrón de conexiones para mantener esta misma capacidad funcional, aun cuando se producen lesiones o ante la presencia de enfermedades. Estudios epidemiológicos recientes nos muestran que el ejercicio físico, la dieta mediterránea, mantener una actividad cognitivamente estimulante, dormir el número de horas necesarias (durante la noche), mantener un buen nivel de interacción social y mantener un propósito vital (la motivación que da transcendencia a las cosas del día a día, más allá de hacerlas) mejoran la capacidad del respuesta del sistema nervioso a lesiones o enfermedades y enlentecen o retrasan la aparición de la sintomatología. Uno de los aspectos más importantes de este hallazgo es que todos ellos son hábitos de vida modificables y podrían convertirse en un aliado en la prevención de enfermedades y en la mejora de la salud cerebral, así como en intervenciones complementarias a los tratamientos farmacológicos o de neuromodulación, a través de planes de intervención multimodal personalizados.

*¿Cómo optimizar la función cerebral para afrontar el reto de una intervención quirúrgica y reducir el riesgo de secuelas?*

Para optimizar los resultados del tratamiento quirúrgico en los tumores cerebrales, desde el Institut Guttmann, con el apoyo de la Fundación Joan Ribas Araquistain, se ha lanzado el “Programa Joan Ribas Araquistain de investigación e innovación terapéutica en prehabilitación, planificación prequirúrgica, rehabilitación y abordaje integral de las secuelas de tumores cerebrales”, que parte de la combinación estratégica de cuatro elementos: realidad virtual, sistemas robóticos, estimulación cerebral no invasiva e inteligencia artificial.

#### *Mejorar la red de conexiones existentes para cada función*

Uno de los requisitos del programa es conseguir activar la red neuronal responsable de cada función de una manera distinta a la que ha venido utilizando el paciente de forma habitual. Cuando llevamos a cabo una tarea, cuando vemos cómo la hace otra persona o cuando imaginamos que la estamos haciendo nosotros, activamos redes neuronales muy parecidas, pero de manera suficientemente diferenciada como para distinguir cada una de las circunstancias. La realidad virtual nos permite modificar el entorno, crear escenarios distintos y modificar la perspectiva (en primera o tercera persona) potenciando la activación de la red neuronal de una misma función en distintos contextos. Por otra

VENTA Y ALQUILER DE VIVIENDA ADAPTADA

ELIMINACIÓN DE BARRERAS Y ADAPTACIÓN DE LA VIVIENDA MEDIANTE OBRAS Y PROYECTOS TÉCNICOS

OBRA NUEVA ADAPTADA

**MR**  
Movilidad Reducida

SOLUCIÓN INTEGRAL PARA MEJORAR LA ACCESIBILIDAD DE LA VIVIENDA, ACCESOS Y ENTORNO.

**¿Quiere vender, alquilar o comprar una vivienda accesible para personas con movilidad reducida?**

María Barrientos, 7 08028 BARCELONA  
info@mrservicios.es [www.mrmovilidadreducida.com](http://www.mrmovilidadreducida.com) Tel. 936 552 524



parte, las técnicas de estimulación cerebral no invasiva nos permiten bloquear transitoriamente determinadas áreas cerebrales, induciendo una reorganización de la red neuronal, simulando el efecto que podría tener una lesión, promoviendo el establecimiento de nuevas conexiones.

Otro requerimiento es promover estos cambios lo más rápidamente posible para no demorar la cirugía. En este sentido, la realidad virtual permite introducir elementos de motivación propios de los juegos (gamificación), que permiten acelerar el aprendizaje, como se ha demostrado en la utilización de simuladores en el aprendizaje de habilidades que requieren precisión. Además, las técnicas de estimulación cerebral no invasiva permiten también aumentar la excitabilidad de manera selectiva y acelerar los procesos de aprendizaje.

*Ofrecer más información sobre la localización de las funciones cognitivas para optimizar la planificación quirúrgica*

Las técnicas de estimulación cerebral no invasiva, combinada con las técnicas de neuroimagen (resonancia magnética estructural, funcional y de loca-

**SENSE LIMITS**

Disponemos de un equipo profesional para asesorar sobre adaptación de vivienda, adaptación de vehículos, ayudas PUA, movilidad y autonomía personal y mucho más. ¡consúltenos!

**J. GUZMAN**  
ayudas técnicas i ortopedia. s.l.

**nuevas instalaciones ¡visítenos!**

**nueva dirección!**  
De: C/ María Barrientos, 7-9  
A: C/ María Barrientos, 15

sillas de ruedas · taller propio · vida diaria · ayudas movilidad · camas · rehabilitación · alquiler ortopedia técnica · grúas · material antiescaras · asientos especiales · material de baño

Tel. 93 411 15 96  
email: info@ortopediaguzman.com  
tienda online: www.ortopediaguzman.com

C/ María Barrientos, 15  
08028 Barcelona (Les Corts)  
L-V: 9:30 - 13:30h / 16:30 - 20:00h  
S: 9:30 - 13:30



lización de las vías nerviosas mediante tractografía), permiten reproducir, previamente a la cirugía, las técnicas de mapeo cerebral descritas por Penfield. De este modo, es posible generar mapas multimodales de la representación cortical de las funciones cognitivas y motoras que el equipo quirúrgico puede utilizar en la planificación de la intervención. Además, las técnicas de realidad aumentada permiten ofrecer esta información en tiempo real, sobre el mismo campo quirúrgico, según requiera, de forma selectiva, el neurocirujano, para optimizar la resección del tumor con el menor compromiso posible de las zonas funcionales.

*Aprovechar la capacidad plástica del sistema nervioso para deducir al máximo las secuelas, mediante un programa de rehabilitación precoz e intensivo*

Para optimizar la reorganización cortical después de la cirugía y aprovechar al máximo el beneficio potencial de las nuevas conexiones establecidas, desarrollaremos un programa de rehabilitación precoz, intensivo y personalizado, que permita reorganizar las funciones cognitivas y motoras sobre el conjunto de redes neuronales disponibles.

El establecimiento y la consolidación de las representaciones depende del grado de éxito al elaborar las respuestas adecuadas para cada estímulo que recibimos. Por ello, no es suficiente con motivar al paciente en la ejecución de las tareas de rehabilitación, sino que es necesario asociar estímulos complementarios o asistir el movimiento para conseguir que el patrón de activación sea considerado como exitoso y pueda beneficiarse de los mecanismos neurológicos que potencian las respuestas exitosas e intentan evitar las que no lo son.

Los sistemas de entrenamiento robótico en la rehabilitación de la marcha, el control motor del brazo y de la mano, o los procesos cognitivos permiten acelerar la recuperación del déficit y permiten tratamientos más intensivos y personalizados.

Las técnicas de realidad virtual permiten incorporar elementos de la teoría del juego, orientar los ejercicios a situaciones de la vida cotidiana, incrementar la motivación y optimizar el componente emocional del tratamiento.

Por otra parte, las técnicas de estimulación cerebral no invasiva permiten modular la activación de la red neu-



ral inhibiendo patrones de activación inadecuados, resultantes de la lesión, y potenciando la activación de los elementos de la red neuronal que resultan necesarios en cada momento del proceso de rehabilitación.

*Potenciar la autonomía personal, el bienestar psicológico y la participación social de aquellos pacientes que, a pesar de las intervenciones realizadas, continúen sufriendo cualquier discapacidad como consecuencia de la lesión*

El objetivo último de la neurorrehabilitación es potenciar la autonomía funcional, el bienestar psicológico y la participación social, desde la recuperación de la funcionalidad, la selección de ayudas técnicas para compensar los déficits que pudiesen permanecer y promover la efectiva equiparación de oportunidades. Para ello, es necesario analizar los factores de riesgo relativos a la participación social previos a la intervención, e impulsar servicios de orientación académica, profesional y acompañamiento personalizado. El Institut Guttmann aborda este reto desde el mismo momento del ingreso de cada paciente, y extiende el acompañamiento a lo largo de la vida de la persona con dis-

capacidad a través del programa de revisión integral periódica. Este compromiso se potencia a través de programas estratégicos de investigación con el proyecto Participa (<http://participa.guttmann.com/>) e iniciativas innovadoras de difusión y gestión del conocimiento, como el Servicio de Información Integral de la Discapacidad de Origen Neurológico, SiDON (<http://siidon.guttmann.com/>).

*Generar evidencia clínica desde la práctica asistencial y compartir el conocimiento*

Otro de los retos del programa es identificar la estrategia más adecuada para cada persona y situación clínica. La localización y el tipo de los tumores genera una gran variabilidad entre pacientes, lo que hace particularmente difícil establecer un protocolo único para cada caso. Para responder a este desafío, se plantea generar una base de datos compartida internacionalmente, de forma segura, conectada con otras bases de datos de registros tumorales, que permita extraer conocimiento a partir de casos únicos, mediante técnicas de inteligencia artificial.



Para dar respuesta a este reto tan singular, el programa de Prehabilitación impulsado desde el Institut Guttmann se articula en cuatro ejes de actuación:

1. Prehabilitación cognitiva y sensoriomotora destinada a pacientes diagnosticados con un tumor cerebral, para el entrenamiento intensivo, monitorizado y personalizado de funciones motoras y cognitivas, durante dos semanas, antes de la cirugía.
2. Planificación prequirúrgica, en colaboración con servicios de neurocirugía de referencia en nuestro entorno, a partir de alianzas estratégicas ya establecidas, y ampliable a otras localizaciones geográficas.
3. Neurorrehabilitación posquirúrgica, para evitar o minimizar las secuelas, mediante rehabilitación neuropsicológica intensiva, monitorizada y personalizada, rehabilitación sensoriomotora de miembro superior y de marcha, con sistemas robóticos, entornos enriquecidos y retroalimentados mediante realidad aumentada y EEG, abordaje integral del dolor posquirúrgico y neuropático, y estimulación cerebral no invasiva para acelerar la consolidación de los nuevos patrones.

4. Apoyo a la autonomía funcional, el bienestar psicológico y la participación social, mediante el análisis de factores de riesgo previos a la intervención, la orientación académica y profesional y el acompañamiento personalizado, un programa de revisión integral periódica, el Servicio de Información Integral de la Discapacidad de Origen Neurológico, SiDON, y el Laboratorio de Medidas Potenciadores de la Autonomía y la Calidad de Vida, QvidLab.

Desarrollar un programa clínico de esta naturaleza y envergadura requiere la incorporación de procedimientos complejos, una alta acumulación de conocimiento y la concentración de casos suficiente para generar evidencia científica y mejorar, de manera progresiva y continuada, la personalización de los tratamientos. Todo esto es posible gracias al compromiso de un equipo transdisciplinar de profesionales, integrado por médicos, neuropsicólogos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, ingenieros y físicos expertos en inteligencia artificial y realidad virtual, investigadores predoctorales y la colaboración con universidades y centros de investigación nacionales e internacionales. Un programa que, impulsado por la Fundación Institut Guttmann, se desarrolla gracias al apoyo generoso y sostenido de la Fundación Joan Ribas Araquistain.

