

La transferencia nerviosa como paso previo para la implantación de un marcapasos diafragmático

El Institut Guttmann ha sido el primer centro europeo donde se ha realizado esta intervención, que tiene el objetivo de recuperar la función del nervio que transmite impulso al diafragma, el principal músculo respiratorio.



Dra. Estefanía Sánchez

Neumóloga
Especialista en ventilación
mecánica y marcapasos
diafragmático



Dr. Joan Vidal

Médico rehabilitador
Doctor en Medicina

La ventilación mecánica (VM) a través de traqueostomía es la principal opción terapéutica para pacientes con lesión medular cervical alta y pérdida de control sobre la musculatura respiratoria, particularmente el diafragma, debido a la afectación de los nervios frénicos (raíces C3-C5). Estos pacientes, al no poder generar una respiración espontánea, dependen de la VM para sobrevivir. No obstante, esta dependencia prolongada de la ventilación asistida se asocia con numerosas complicaciones respiratorias y reduce significativamente la calidad y la esperanza de vida.

Entre las complicaciones más comunes en estos pacientes se incluyen neumonías recurrentes, atelectasias (colapso pulmonar parcial o total), y traqueomalacia (debilidad de las paredes de la tráquea). Además, el uso crónico de la VM provoca dificultades en la comunicación (por la falta de habla) y anosmia (pérdida de olfato), junto con un incremento de secreciones respiratorias. Estas com-



“El DPS se implementa con éxito en la Unidad Funcional de Marcapasos Diafragmático, conjunta del Institut Guttmann y del Hospital Germans Trias i Pujol. Desde 2007, la Unidad ha llevado a cabo 45 intervenciones de este tipo.”

plicaciones aumentan la morbilidad y la mortalidad, y hacen urgente la búsqueda de alternativas más fisiológicas que mejoren la calidad de vida y reduzcan la dependencia de la VM.

Uno de los avances más significativos en este campo es el marcapasos diafragmático (Diaphragmatic Pacing System, DPS), diseñado para estimular directamente los nervios frénicos, transmisores del impulso nervioso al diafragma. Esto permite las contracciones del diafragma y posibilita una ventilación más natural, mediante presión

negativa. Esta técnica no solo mejora la fisiología respiratoria, sino que también permite una reducción, parcial o total, de la dependencia de la VM.

El DPS se implementa con éxito en la Unidad Funcional de Marcapasos Diafragmático, conjunta del Institut Guttmann y del Hospital Germans Trias i Pujol. Desde 2007, la Unidad ha llevado a cabo 45 intervenciones de este tipo, con un éxito de retirada de la VM en un 40 % de los casos, cifra que ha aumentado a un 100 % en los últimos tres años.



Las principales indicaciones para el uso del DPS son:

1. Lesión medular cervical alta: lesiones en los segmentos C1-C5 de la médula espinal suelen afectar al nervio frénico, que controla el diafragma. Los pacientes con lesiones cervicales altas suelen tener una insuficiencia respiratoria grave debido a la parálisis del diafragma, lo que los convierte en dependientes de la VM. En estos casos, el DPS puede ser una opción para restaurar la función diafragmática mediante la estimulación eléctrica del músculo.

2. Apnea central del sueño: la apnea central del sueño se caracteriza por la interrupción de los impulsos nerviosos que regulan la respiración mientras la persona duerme. El DPS puede ser una opción para personas con esta afectación, ya que el dispositivo permite mantener un patrón de respiración normal incluso cuando el cerebro no envía las señales adecuadas.

3. Dependencia crónica de VM: pueden ser candidatos al DPS pacientes que dependen de la VM a largo plazo debido a la parálisis diafragmática por atrofia

REQUISITOS ESENCIALES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL DPS



Integridad del nervio frénico: para que el DPS funcione correctamente, el nervio frénico debe estar intacto y ser funcional. El DPS actúa mediante la estimulación eléctrica de este nervio, provocando la contracción del diafragma. Si el nervio frénico está gravemente dañado o desnervado, la estimulación no será efectiva.



Función diafragmática preservada: el diafragma debe ser capaz de responder a la estimulación eléctrica. Si el músculo ha degenerado significativamente, el DPS no podrá generar una contracción diafragmática efectiva.



Evaluación de la capacidad respiratoria residual: antes de considerar el implante de un DPS, se realizan pruebas para evaluar la capacidad residual del diafragma, la función pulmonar y la posibilidad de éxito en el destete o retirada de la VM.

muscular, a causa de un uso prolongado de la VM, siempre que tengan los nervios frénicos intactos. El implante puede ofrecerles una alternativa menos invasiva y permitir la independencia parcial o total de la VM.

4. Condiciones que afecten al control central de la respiración: algunas condiciones que dañan el centro respiratorio en el cerebro o las vías nerviosas que controlan el diafragma pueden beneficiarse del DPS, siempre que los nervios frénicos y el diafragma estén intactos. Esto incluye ciertas lesiones cerebrales o accidentes cerebrovasculares.
5. Pacientes seleccionados con daño cerebral o trauma craneoencefálico: en algunas personas con daño cerebral que afecta a los centros del control respiratorio, el DPS puede mejorar la ventilación, siempre que los nervios frénicos estén intactos.

En resumen, el DPS está indicado en pacientes que tienen lesiones o condiciones que afectan a su capacidad de respirar de manera autónoma, siempre que el nervio frénico y el diafragma sean funcionales. La implantación se evalúa cuidadosamente y de forma individual, ya que el éxito depende de varios factores anatómicos y fisiológicos. Por este motivo, no todos los pacientes son candidatos para el implante de un DPS. Aproximadamente el

20-30% de las personas con lesión medular cervical alta no pueden optar a esta intervención, debido a un daño irreversible del nervio frénico, como la degeneración axonal. En estos casos, la transferencia o reconstrucción nerviosa emerge como una opción terapéutica novedosa, con el objetivo de restablecer el impulso nervioso hacia el diafragma y, eventualmente, posibilitar el uso de un DPS para reducir o eliminar la dependencia de la VM.

Restaurar la capacidad de estimular el diafragma

La transferencia o reconstrucción nerviosa consiste en transferir nervios sanos a la región donde se ha dañado el nervio frénico. El objetivo es restaurar la capacidad de estimular el diafragma, lo que permitiría en el futuro la implantación de un DPS. En estos casos, los nervios intercostales (nervios que controlan los músculos entre las costillas) o el nervio accesorio espinal (que inerva el músculo trapecio) son candidatos comunes para transferencias hacia el nervio frénico.

Tras la transferencia nerviosa y una vez que el diafragma comienza a responder a los nuevos estímulos nerviosos, se podría evaluar nuevamente la posibilidad de implantar un DPS para mejorar la ventilación. El DPS en esta fase podría ser más efectivo, ya que habría una vía de conducción nerviosa restaurada.

CONTRAINDICACIONES PARA EL IMPLANTE DEL DPS



Degeneración axonal del nervio frénico: si el nervio frénico ha sufrido un daño irreversible, como ocurre en algunos casos de denervación crónica, el DPS no será efectivo.



Daño grave o fibrosis del diafragma: si el diafragma no puede responder adecuadamente a la estimulación eléctrica debido a fibrosis o atrofia muscular grave, el DPS no podrá generar una ventilación adecuada.



Pacientes con enfermedades terminales avanzadas: en enfermedades como la ELA en fases avanzadas o en pacientes con mal pronóstico a corto plazo, el DPS puede no ser una opción viable debido a la progresiva degeneración neuromuscular.

La intervención es prometedora, pero requiere un tiempo considerable para que los nervios transferidos reinervan el diafragma. Por tanto, pueden pasar varios meses. El éxito también depende de otros múltiples factores, como la edad del paciente y el tiempo transcurrido desde la lesión.

El 18 de julio de 2024, profesionales del Institut Guttmann y el Hospital Germans Trias i Pujol llevaron a cabo la primera intervención de esta índole en Europa. El equipo contó con el asesoramiento del Dr. Matthew R. Kaufman, que ha realizado más de 150 intervenciones de este tipo en EE. UU.

Para la intervención, se escogieron inicialmente pacientes con menos de 4 años desde el diagnóstico de la lesión, ya que el límite de evolución sobre la cual hay estudios del éxito de esta cirugía establece este máximo para conseguir el mejor resultado posible. Se seleccionaron finalmente 2 pacientes con lesión medular alta (C2 en ambos casos). Uno de ellos dependía totalmente de la VM, y en él ya se había intentado una implantación de DPS, sin éxito debido a la no estimulación intraoperatoria del nervio frénico. El segundo ya era portador de marcapasos, pero presentaba paresia (debilidad muscular, en este caso del diafragma) por degeneración axonal de uno de los nervios frénicos. Esto implicaba que, a pesar de la desconexión prácticamente total de la VM, presentaba disnea (sensación de dificultad respiratoria) al hablar y debía usar VM durante la noche. Ambos eran hombres de menos de 40 años y sin antecedentes patológi-

cos de interés. Las dos operaciones se llevaron a cabo sin incidencias intra y postoperatorias.

Un estudio publicado en 2015 demostró un 93% de reinervación exitosa en 14 pacientes sometidos a una transferencia nerviosa y una implantación de marcapasos diafragmático. En un 62% de estos, pudo realizarse posteriormente una retirada parcial o completa de la VM. En el caso de estos dos pacientes, el éxito de la reconstrucción tardará aún en saberse. En este tipo de intervención, el nervio se recupera o va creciendo desde la sutura a razón de un milímetro por día, aproximadamente. A ello hay que añadir un proceso de rehabilitación extenso, por lo que el resultado final de la intervención puede no saberse hasta transcurrido un mínimo de un año desde la intervención.

Rehabilitación respiratoria tras el implante de un DPS

La rehabilitación después del implante del marcapasos diafragmático es crucial para maximizar los beneficios del dispositivo y lograr la retirada parcial o completa de la VM. Este proceso es gradual y está orientado a fortalecer el diafragma, entrenar la respiración espontánea y reducir la dependencia de la VM. A continuación, se describen las principales fases y estrategias de rehabilitación postimplante del DPS.

1. Fase inicial postoperatoria (primeras semanas)

Control y ajustes del dispositivo. El equipo médico (neumóloga y rehabilitador) se encarga de ajustar los parámetros del DPS (frecuencia de estimulación, intensidad, etc.) para asegurar una estimulación efectiva y segura del diafragma. Este ajuste es esencial para evitar fatiga diafragmática y garantizar una respiración eficaz.

Monitoreo clínico. Durante este periodo, los pacientes son monitorizados estrechamente, con pruebas para evaluar la función pulmonar, los niveles de oxígeno y CO₂, y la capacidad del DPS para generar una ventilación adecuada. Los cuidados incluyen la prevención de infecciones en el sitio de implantación y el control de la inflamación o el dolor en el área quirúrgica.

2. Inicio del entrenamiento diafragmático

Una vez se ha comprobado que el dispositivo funciona correctamente, se inicia un programa de rehabilitación respiratoria enfocado a entrenar el diafragma para que realice la ventilación de manera más eficaz.

Sesiones de estimulación progresiva: el DPS se programa para estimular el diafragma por períodos cortos al principio (por ejemplo, de 1 a 2 horas diarias) para evitar la fatiga muscular. Este tiempo se irá aumentando progresivamente, en función de la respuesta del paciente, hasta conseguir una estimulación durante 24 horas al día.

Fisioterapia respiratoria: el paciente puede realizar ejercicios respiratorios supervisados para reforzar los músculos accesorios y aprender a coordinar mejor su respiración.

3. Fase intermedia: progresión del destete de la VM

En esta fase se busca reducir el uso de la VM, con el objetivo de aumentar la cantidad de tiempo que el paciente respira usando únicamente el DPS. Inicialmente, se ha-

cen intentos de weaning (destete) con períodos cortos sin la VM (por ejemplo, 4 horas al día), y este tiempo se va incrementando gradualmente conforme el paciente tolera la estimulación diafragmática.

Monitoreo del esfuerzo respiratorio: durante esta fase, se monitorea el esfuerzo respiratorio del paciente, los gases en sangre y la saturación de oxígeno para asegurar que el destete sea seguro y efectivo.

Rehabilitación pulmonar activa: el paciente sigue con la fisioterapia respiratoria y se pueden incluir técnicas de manejo de secreciones (como el uso de dispositivos de presión positiva) y ejercicios de expansión pulmonar.

4. Fase avanzada: independencia parcial o completa de la VM

A medida que el paciente adquiere más fuerza en el diafragma y una mayor capacidad para tolerar la estimulación, se busca que los períodos sin VM sean cada vez más largos. En algunos casos, el paciente puede llegar a pasar la mayor parte del día sin necesidad de VM y solo requerirla durante el sueño.

Entrenamiento en actividades cotidianas: a medida que el paciente se vuelve más independiente de la VM, se incluye la rehabilitación funcional, en la cual se entrena al paciente para realizar actividades de la vida diaria utilizando el DPS. Esto ayuda a mejorar su calidad de vida y a reintegrarse en su entorno social y familiar.

Ventilación mecánica invasiva o no invasiva de seguridad: independientemente de conseguir un destete total del ventilador, el paciente deberá tener en propiedad un ventilador en caso de que el dispositivo (DPS) sufra daño o dejara de funcionar, para seguridad del paciente.

5. Monitoreo a largo plazo y ajustes continuos

Los pacientes con DPS requieren revisiones regulares para ajustar los parámetros de estimulación y verificar el estado del dis-



positivo. La frecuencia de estas revisiones dependerá del estado clínico del paciente y de cómo responda a la estimulación.

Prevención de complicaciones. Es esencial continuar con las evaluaciones para prevenir complicaciones, como la fatiga diafragmática, infecciones o problemas con los electrodos o el generador del dispositivo.

Fisioterapia respiratoria continua: muchos pacientes continúan con algún nivel de fisioterapia respiratoria para mantener la función óptima del diafragma y los músculos respiratorios accesorios.

6. Soporte psicológico y calidad de vida

La rehabilitación también debe incluir el apoyo psicológico para ayudar al paciente a adaptarse a su nueva forma de respirar, que puede incluir desafíos emocionales y sociales, especialmente en la transición

“El DPS está indicado en pacientes que tienen lesiones o condiciones que afectan a su capacidad de respirar de manera autónoma, siempre que el nervio frénico y el diafragma sean funcionales.”

fuera de la VM. El entrenamiento del habla, por ejemplo, puede ser relevante para pacientes que han tenido dificultades para hablar debido a la traqueostomía.

Como conclusión, la rehabilitación y acondicionamiento después del implante de DPS es un proceso progresivo y personalizado que busca fortalecer el diafragma, reducir la dependencia de la VM y mejorar la calidad de vida del paciente. Con una combinación de ajustes técnicos del DPS, fisioterapia respiratoria y monitoreo médico riguroso, muchos pacientes pueden lograr una independencia parcial o total de la VM y alargar su esperanza y calidad de vida.