

## Hemos leído

### Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda<sup>1</sup>

#### *The functional performance of the BrainPort V100 device in persons who are profoundly blind*

P. Grant,<sup>2</sup> L. Spencer,<sup>3</sup> A. Arnoldussen,<sup>4</sup> R. Hogle,<sup>5</sup> A. Nau,<sup>6</sup>  
J. Szlyk,<sup>7</sup> J. Nussdorf,<sup>8</sup> D. C. Fletcher,<sup>9</sup> K. Gordon,<sup>10</sup> W. Seiple<sup>11</sup>

1 Título original: *The functional performance of the BrainPort V100 device in persons who are profoundly blind*, en la revista *Journal of Visual Impairment and Blindness*, Vol. 110, n.º 2, marzo-abril 2016. pp. 77-88 © 2016 AFB. Todos los derechos reservados. Traducido por Rocío Flores-Súarez con permiso de la American Foundation for the Blind.

2 **Patricia Grant**, M. S., directora de investigación clínica. Wicab, Inc., 8313 Greenway Boulevard, Suite 100, Middleton, WI 53562 (Estados Unidos). Correo electrónico: [pgrant@wicab.com](mailto:pgrant@wicab.com).

3 **Lindsey Spencer**, M. S., CRC, directora de programa. McPherson Eye Research Institute, University of Wisconsin-Madison, 1111 Highland Avenue, Madison, WI 53705 (Estados Unidos). Correo electrónico: [spencer2@uwalumni.com](mailto:spencer2@uwalumni.com).

4 **Aimee Arnoldussen**, Ph. D., directora de programa de evaluación de tecnologías, UW Health, McPherson Eye Research Institute, University of Wisconsin-Madison, 600 Highland Ave, Madison, WI 53792 (Estados Unidos) y consultora científica, Wicab, Inc., Middleton, WI (Estados Unidos). Correo electrónico: [aarnoldussen@uwhealth.org](mailto:aarnoldussen@uwhealth.org).

5 **Rich Hogle**, M. S., vicepresidente y director de desarrollo de productos. Wicab, Inc., Middleton, WI (Estados Unidos). Correo electrónico: [rhogle@wicab.com](mailto:rhogle@wicab.com).

6 **Amy Nau**, O. D., optometrista. Korb & Associates, 400 Commonwealth Avenue, Suite 2, Boston, MA 02215 (Estados Unidos). Correo electrónico: [anau@korbassociates.com](mailto:anau@korbassociates.com).

7 **Janet Szlyk**, Ph. D., presidenta y directora general, Chicago Lighthouse for People who are Blind or Visually Impaired (Estados Unidos); catedrática, University of Illinois en Chicago (Estados Unidos); investigadora científica en salud, Jesse Brown VA Medical Center, Chicago, IL (Estados Unidos). Correo electrónico: [janet.szlyk@chicagolighthouse.org](mailto:janet.szlyk@chicagolighthouse.org).

8 **Jonathan Nussdorf**, M. D., presidente, Department of Ophthalmology, Ochsner Health System, 1514 Jefferson Highway, Nueva Orleans, LA 70121 (Estados Unidos); catedrático asociado, University of Queensland School of Medicine, Queensland (Australia). Correo electrónico: [jnussdorf@ochsner.org](mailto:jnussdorf@ochsner.org).

9 **Donald C. Fletcher**, M. D., director médico, Envision Low Vision Rehabilitation Center, 610 North Main Street, 2.º piso, Wichita, KS 67203 (Estados Unidos). Correo electrónico: [floridafletch@msn.com](mailto:floridafletch@msn.com).

10 **Keith Gordon**, Ph. D., vicepresidente, investigación, Canadian National Institute for the Blind, 1929 Bayview Avenue, Toronto, Ontario M4G 3E8 (Canadá). Correo electrónico: [keith.gordon@cnib.ca](mailto:keith.gordon@cnib.ca).

11 **William Seiple**, Ph. D., vicepresidente de investigación, Lighthouse Guild International, 111 East 59th Street, Nueva York, NY 10023 (Estados Unidos); catedrático, Department of Ophthalmology, New York University School of Medicine, Nueva York, NY (Estados Unidos); biólogo investigador, Jesse Brown VA Medical Center, Chicago, IL (Estados Unidos); catedrático invitado, University Pierre & Marie Curie, París (Francia). Correo electrónico: [wseiple@lighthouse.org](mailto:wseiple@lighthouse.org).

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100, un sistema de sustitución sensorial aprobado por la agencia estadounidense de Administración de Medicamentos y Alimentos [Food and Drug Administration], en personas con ceguera profunda (es decir, con poca o ninguna percepción de la luz). Metodología: esta investigación clínica fue prospectiva, multicéntrica y de un solo grupo. Los participantes recibieron diez horas de clase práctica sobre el dispositivo, pidiéndoseles que lo utilizaran en su ámbito cotidiano durante un año. La medición del rendimiento funcional de la identificación de objetos, el desarrollo de la orientación y la movilidad, y la identificación de palabras se evaluaron conforme a la línea base, al término de la instrucción y a los 3, 6, 9 y 12 meses. Resultados: 57 personas completaron el estudio y utilizaron el dispositivo durante un año. No se informó de que se hubiera producido ningún problema grave relacionado con el dispositivo, demostrándose así que los riesgos asociados al BrainPort son mínimos. Los participantes realizaron actividades de reconocimiento de objetos (91,2 % de tasa de acierto) y ejercicios de orientación y movilidad (57,9 % de tasa de acierto) por encima del intervalo de probabilidad. Discusión: este estudio demuestra que el BrainPort puede utilizarse de forma autónoma y segura por personas con ceguera profunda, que pueden realizar con este dispositivo, y con mayor eficacia, una serie de tareas que sin él no podrían completar. Tras la instrucción inicial, el rendimiento en estas tareas se mantuvo estable o incluso mejoró a lo largo del año. Implicaciones para los profesionales: el BrainPort, no quirúrgico ni invasivo, es un instrumento que potencia la independencia funcional de personas con ceguera profunda y proporciona más información sobre el entorno que otros productos de apoyo más convencionales, además de fomentar la independencia a la hora de realizar actividades de la vida diaria.

## Palabras clave

Tiflotecnología. Productos de apoyo tecnológico. Sistemas de sustitución sensorial. Ayudas de movilidad.

## Abstract

This study was conducted to evaluate the functional performance of the BrainPort V100 device, an FDA-cleared sensory-substitution system, in persons who are profoundly blind (that is, have some or no light perception). Methods: This was a prospective, single-arm, multicenter clinical investigation. Participants received 10 hours of device training and were required to use the device in their everyday environments for 1 year. Functional performance

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

measures of object identification, orientation and mobility (O&M), and word identification were assessed at baseline, in post-device training, and at the 3-, 6-, 9-, and 12-month time points. Results: Fifty-seven participants completed the study and used the device for 1 year. No device-related serious adverse events were reported, demonstrating that the risks associated with the BrainPort are minimal. Participants performed object recognition (91.2 % success rate) and O&M (57.9 % success rate) tasks beyond chance level. Discussion: This study demonstrates that the BrainPort can be used safely and independently by persons who are blind. Participants with profound blindness can accomplish a set of tasks more successfully by using the BrainPort than without the device. Following initial training, performance on these tasks was maintained or improved over the course of 1 year. Implications for practitioners: The BrainPort is a noninvasive and nonsurgical device that heightens functional independence for persons who are blind. The device presents users with more information about their environment than conventional assistive devices, and can enhance independence in performing activities of daily living.

### Key words

Supporting aids and devices. Sensory substitution systems. Mobility aids.

---

El dispositivo BrainPort V100 (Wicab, Inc., Middleton, Wisconsin) emplea el concepto de la sustitución sensorial al hacer posible que la información, generalmente procesada a través del sistema visual, sea percibida por el tacto. Esta información visual se captura mediante una cámara digital que la transmite a la lengua del usuario en forma de una estimulación electrotáctil, percibida como pequeñas vibraciones. La lengua es ideal para la percepción sensorial (Chebat, Rainville, Kupers, y Ptito, 2007; Essick, Chen, y Kelly, 1999; Nau, Bach, y Fisher, 2013; Sampaio, Maris, y Bach-y-Rita, 2001; Van Boven y Johnson, 1994), ya que carece de capa exterior de células cutáneas muertas y que las fibras nerviosas están más cerca de la superficie que en otras partes del cuerpo. Por ello, la lengua es más sensible que otras zonas corporales, y puede percibir información por estimulación eléctrica mucho mejor que las yemas de los dedos (Bach-y-Rita, 2004).

La lengua puede considerarse como un «portal visual» del cerebro, puesto que las investigaciones realizadas han demostrado que, una vez que la persona ciega recibe el entrenamiento necesario, experimenta una activación de la corteza visual al interpretar los patrones de estimulación que le proporciona la tecnología

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

del BrainPort V100 (Lee, Nau, Laymon, Chan, Rosario, y Fisher, 2014; Ptito et al., 2012; Ptito, Matteau, Gjedde, y Kupers, 2009; Ptito, Moesgaard, Gjedde, y Kupers, 2005). La idea es que, con una instrucción adecuada, la persona pueda aprender a traducir las estimulaciones en la lengua en una representación del entorno que la rodea. Los usuarios expertos se acostumbran a la estimulación y dejan de traducir conscientemente la percepción. La interpretación de los patrones de estimulación se vuelve más automática (Arnoldussen y Fletcher, 2012; Danilov y Mitchell, 2005).

Estudios anteriores han demostrado la capacidad de los usuarios del BrainPort para identificar, tras la formación, palabras y objetos por encima del intervalo de probabilidad. Los participantes en un estudio fueron incapaces de realizar, durante las pruebas de la línea base, estos mismos ejercicios sin el dispositivo (Nau, Pintar, Arnoldussen, y Fisher, 2015). Además, gracias a la transmisión de la información visual a la lengua, vía estimulación electrotáctil, a la hora de esquivar obstáculos en un entorno natural, los pacientes con ceguera congénita obtuvieron mejores resultados que los participantes con visión que habían recibido la misma instrucción (Cheba, Kupers, y Ptito, 2011). Hasta la fecha, ninguna investigación ha demostrado la seguridad y eficacia del BrainPort a largo plazo en un estudio multicéntrico. El objetivo de esta investigación fue evaluar la utilidad funcional y la seguridad de la electroestimulación del BrainPort en un ensayo clínico multicéntrico de un año de duración, durante el cual los participantes utilizaron el dispositivo de manera independiente.

## Metodología

### Diseño de la investigación

Este estudio adoptó un diseño prospectivo, de grupo único en todas las pruebas, intersujeto y de medidas repetidas. Se llevó a cabo en seis centros de Estados Unidos y en uno de Canadá. Antes de iniciar el estudio, se obtuvo la aprobación de los respectivos comités de investigación ética del [New England IRB](#) y de Veritas. Tras haberles explicado los riesgos y ventajas, todos los participantes en el estudio dieron su consentimiento informado. Este estudio se realizó de acuerdo a los principios éticos de la Declaración de Helsinki, y fue registrado en la base de datos ClinicalTrials.gov con la referencia NCT01488786.

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

## Selección de participantes

Para realizar el estudio, entre octubre de 2011 y abril de 2012 se seleccionaron los participantes acudiendo a las prácticas clínicas de otros investigadores, las bases de datos clínicas y los médicos y profesionales clínicos de referencia. Además, se colocaron anuncios en consultas oftalmológicas y se distribuyeron folletos entre grupos de apoyo para personas con ceguera. Todos los participantes debían tener al menos 18 años, haber recibido un diagnóstico de ceguera al menos seis meses antes de la inscripción, hablar inglés, ser capaces de recorrer seis metros de manera independiente y haber completado eficazmente el entrenamiento en orientación y movilidad (O y M) con un bastón blanco o un perro-guía. Se descartaron a las personas con ceguera causada por lesiones corticales, a fumadores o embarazadas, a personas que tuviesen pérdidas auditivas que les impidieran oír las alertas del dispositivo, anomalías orales, lesiones en la lengua o *piercings*, alergia al níquel o al acero inoxidable, dispositivos médicos implantados o cualquier enfermedad que pudiese interferir en su participación en el estudio, y que ya hubiesen probado el BrainPort o tuvieran síntomas de pérdida cognitiva, depresión o ansiedad.

Los candidatos interesados fueron invitados a uno de los centros en los que se llevaría a cabo el estudio para efectuarles un chequeo médico que incluía elaboración del historial clínico y recogida de información demográfica, evaluación oftalmológica para documentar la ceguera, salvo que el participante presentara un documento por escrito que la acreditara y una evaluación de salud bucal; y para medir los niveles de ansiedad y depresión se les pasó el Inventario de Ansiedad de Beck (BAI, por sus siglas en inglés) y el Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II, por sus siglas en inglés) respectivamente. Además, se valoró el grado de visión residual usando el *Freiburg Visual Acuity Test* (FrACT), un test psicofísico de agudeza visual informatizado (Bach, 1996; Nau et al., 2013).

Aquellos participantes que tenían una agudeza visual igual o menor que 20/5000, que obtuvieron puntuaciones entre mínimas y muy bajas en el BAI y el BDI-II, habían superado la evaluación de salud bucal y estaban dispuestos a participar tras una breve presentación del dispositivo, fueron incluidos en el estudio. De las 83 personas que se seleccionaron, ocho no cumplieron los requisitos debido a las siguientes razones: dos de ellos ( $n=2$ ) no superaron la evaluación de salud bucal, dos ( $n=2$ ) no cumplían los criterios de visión, dos ( $n=2$ ) retiraron su consentimiento tras haberles presentado el dispositivo, otro ( $n=1$ ) retiró su consentimiento antes de

presentarle el dispositivo, y el último ( $n=1$ ) presentó una deficiencia cognitiva que no se había detectado inicialmente.

## Participantes

Hubo 75 personas que cumplieron los requisitos de selección, confirmaron su voluntad de participar tras haberseles presentado el dispositivo y, por lo tanto, fueron seleccionadas para participar en el estudio. De estas 75, 18 se retiraron o fueron retiradas por las siguientes razones: por desinterés o por renuencia a continuar ( $n=8$ ), por sucesos personales o por motivos de salud ( $n=7$ ), o por falta de tiempo ( $n=3$ ). En consecuencia, fueron 57 los participantes que completaron los doce meses de duración del estudio.

La edad media de esas 57 personas era de 52,4 años (rango de edad entre 21 y 69 años). Todos utilizaban habitualmente algún tipo de producto de apoyo (bastón blanco, perro guía o ayuda electrónica para el desplazamiento), y la mayoría (77 %) podía leer en braille. Esta información, además de otros datos demográficos adicionales, se puede encontrar en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos demográficos de los participantes en el estudio (N=57)

Variable	n (%)
Edad	
Media ( $\bar{X}$ )	52,4 (10,8)
Género	
Mujer	25 (44)
Hombre	32 (56)
Raza	
Negra o afroamericana	9 (16)
Blanca o caucásica	46 (80)
Otras	1 (2)
Desconocida	1 (2)
Años desde la aparición de la ceguera	
Media (S)	33,04 (22,4)

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.



Variable	n (%)
Tiempo transcurrido con ceguera	
Ceguera congénita	21 (37)
Ceguera adquirida	36 (63)
Lectores de braille	44 (77)
Usuarios de dispositivos de ayuda a la movilidad	57 (100)
Tipos de productos de apoyo utilizados	
Bastón blanco	53 (93)
Perro-guía	23 (40)
Guía vidente	33 (58)
Otros	5 (13)

## Materiales

El BrainPort es un producto de apoyo electrónico, portátil, no quirúrgico y no invasivo, para personas con ceguera profunda, que ha obtenido de la [Administración de Medicamentos y Alimentos](#) (FDA, por sus siglas en inglés) y de la marca CE (obligatoria para ciertos productos disponibles en el Espacio Económico Europeo) la autorización para su comercialización. Actualmente, el dispositivo se puede comprar en Europa, Estados Unidos, Canadá y China. Entre sus principales componentes se encuentran unos auriculares montados en unas gafas y un mando. Este accesorio consiste en una cámara de vídeo con zoom, montada en una montura de gafas de sol, y una placa de electrodos, también llamada dispositivo intraoral (IOD, por sus siglas en inglés) (v. Figura 1). El IOD tiene unas dimensiones de 29,5 mm x 33,8 mm x 7 mm, y está formado por 400 electrodos de acero inoxidable dispuestos en una cuadrícula de 20 x 20 con una separación de 1,32 mm de distancia entre ellos, medidos de centro a centro de cada electrodo.

El IOD y el accesorio colocado en las gafas están permanentemente unidos por un cable flexible, lo que hace que sea más fácil quitar o recolocar el dispositivo. El mando, que funciona con una batería de polímero de litio, controla las funciones de encendido y el procesamiento, y permite a los usuarios controlar los ajustes del dispositivo y la potencia de la estimulación. La duración de la batería es aproximadamente de dos horas, y se comercializa junto con una batería de repuesto y un cargador.

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

Figura 1. Usuario utilizando el dispositivo BrainPort V100



Para manejarlo, el usuario solo tiene que realizar simples movimientos de cabeza para enfocar la cámara hacia el punto de interés. Esta captura la escena como una imagen digital en escala de grises y la envía al mando para su procesamiento. Esta información visual se transmite entonces al dorso de la lengua con patrones de estimulación electrotáctil que representan la imagen de la cámara (v. Figura 2). Esta imagen se digitaliza a 400 píxeles. En el ajuste estándar, se perciben los píxeles blancos como un fuerte estímulo, los píxeles grises como estímulo medio-fuerte, mientras que con los píxeles negros no se percibe ninguna estimulación.

Figura 2. Ilustración conceptual del dispositivo BrainPort V100



---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.



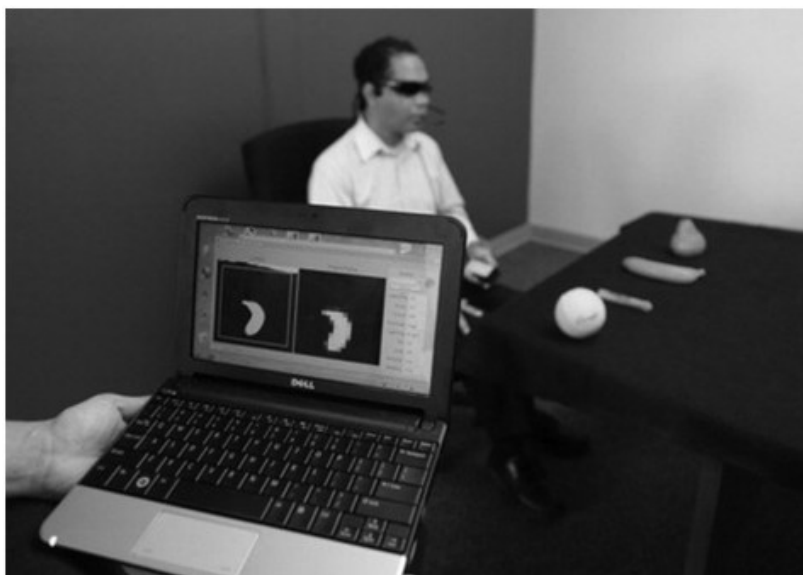
## Procedimiento

El protocolo del estudio constaba de tres fases: el entrenamiento teórico-práctico en la clínica, el uso doméstico y el seguimiento.

### Fase de entrenamiento en el dispositivo

Durante esta fase, un entrenador experto en BrainPort dio a los participantes un curso de diez horas de formación, aproximadamente, que incluía explorar los controles y las funciones del dispositivo y aprender a interpretar la estimulación táctil. Aunque los profesionales siguieron un protocolo de entrenamiento estándar, cada participante pudo seguir el programa a su propio ritmo. El curso abarcó, entre otros conocimientos, los siguientes temas: habilidades básicas, control del movimiento de la cabeza, relaciones espaciales, reconocimiento de formas simples y complejas, identificación de letras y números, orientación y desplazamiento guiado por sistemas de información (Nau et al., 2015). Los entrenadores recibieron como herramienta de formación el vRemote, programa informático de aplicación patentado (desarrollado por Wicab, Inc.). Este *software* inalámbrico funciona en un ordenador que permite ver la imagen de la cámara del BrainPort junto con una representación visual del correspondiente patrón de estimulación del IOD (v. Figura 3).

Figura 3. Presentación con el programa vRemote de la imagen de un plátano, capturada por la cámara que hay junto a la imagen producida por el dispositivo intraoral (IOD)



---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

## Uso doméstico y seguimiento

Tras la instrucción y el entrenamiento en la clínica, los participantes tuvieron que utilizar el dispositivo en su entorno habitual, en las actividades de la vida diaria, un mínimo de 300 minutos al mes durante un año. Se les pidió que presentaran un registro de las actividades realizadas en su casa y el número de minutos empleados en cada una, y cada uno de los participantes recibió por ordenador unas instrucciones escritas y accesibles sobre limpieza, almacenamiento y seguridad del aparato. Para calcular el tiempo de uso, el dispositivo registraba internamente el número total de minutos de estimulación activa (superando un nivel cero de estimulación). Se les entregaron a los participantes tarjetas con letras y palabras, copias de los signos utilizados durante el ejercicio de orientación y movilidad, cartas para jugar y tableros de 3 en raya para que jugaran con alguien en casa. Los integrantes del equipo de investigación les llamaban mensualmente para resolver cualquier duda y registrar documentalmente los problemas que hubiesen encontrado.

## Medición de resultados

Las mediciones del rendimiento funcional se diseñaron para simular actividades reales en un entorno controlado y reproducible que serían imposibles de completar sin el uso de dispositivos externos de ayuda. Estos ejercicios consistían en el reconocimiento de objetos, la identificación de palabras, y tareas de orientación y movilidad. Las mediciones de la línea base se obtuvieron durante el primer chequeo, en el que, para completar las actividades, se prohibió a los participantes que hicieran uso del BrainPort, de un dispositivo convencional o de cualquier otra técnica similar. Las segundas mediciones del rendimiento funcional se obtuvieron inmediatamente después del entrenamiento con el dispositivo. Las siguientes mediciones se hicieron trimestralmente (a los 3, 6, 9 y 12 meses), durante las evaluaciones de seguimiento.

En cuanto al ejercicio de reconocimiento de objetos, se colocaron cuatro elementos en fila, en una mesa cubierta con una tela negra, a 25 cm unos de otros y de los bordes de la tela. Sentado frente a los objetos (a 50 cm), se invitaba a cada participante a que hiciera uso del BrainPort para localizar, alcanzar y tocar el objeto señalado sin tocar ninguno de los otros (v. Figura 4). La persona tenía entonces dos minutos para identificar y tocar el objeto propuesto o la prueba se marcaba como errónea. Este ejercicio se tenía que repetir 20 veces. En todas las sesiones de evaluación se utilizaron los mismos objetos, que se cambiaban de sitio aleatoriamente cada vez que

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

se usaban. Los cuatro objetos empleados para esta tarea eran: una bola blanda, una taza, un subrayador fluorescente y un plátano de plástico.

Figura 4. Usuario realizando una demostración de la prueba de reconocimiento de objetos. Se pidió a dicha persona que, con ayuda del dispositivo BrainPort V100, localizara un objeto determinado y lo alcanzara sin tocar ninguno de los otros



Figura 5. Prueba de orientación y movilidad: los participantes tenían que dirigirse y tocar los letreros y señales que se les indicaran



El ejercicio de orientación y movilidad se organizó en un pasillo de cinco metros de largo. A distintas alturas, se colgaron en las paredes cuatro carteles de uso frecuente en lugares públicos, según las diferentes configuraciones del pasillo de los centros en los que se llevó a cabo el estudio (v. Figura 5). Se especificaron las distancias a las que

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

se debían situar los carteles desde el punto de partida, para que las mediciones fueran iguales en todos los centros, y se pasó una prueba aleatoria apto-no apto en la que se dieron a los participantes diez minutos para localizar y desplazarse hasta el objetivo, ayudándose tan solo del BrainPort. No podían utilizar ningún otro dispositivo de ayuda y, para superar la prueba, tenían que tocar la señal a la primera o colocar la mano a menos de 15 centímetros del borde de la señal. Para cada evaluación se seleccionó aleatoriamente un signo determinado; las señales representaban Hombres, Mujeres, Peligro y Escaleras.

La prueba de identificación de palabras se administró colocando a cada participante a 50 cm de una pantalla de ordenador de 47 pulgadas. Se presentaron individualmente palabras de tres a cinco letras, en la fuente Century Gothic a tamaño 95, como texto blanco sobre fondo negro. La resolución de la pantalla era de 1280 x 1024 píxeles, con una proporción 4:3 y se establecieron los valores de brillo y contraste a 100. Los participantes tenían que identificar y nombrar en alto cada palabra mostrada. Para completar la prueba con éxito tenían que leer la palabra en menos de tres minutos utilizando el BrainPort, repitiendo la actividad diez veces. Se utilizó la misma lista de palabras en cada sesión de evaluación, aunque se cambió aleatoriamente su orden de aparición; estas palabras eran *bus*, *dog*, *cup*, *moon*, *ring*, *farm*, *tree*, *dress*, *bread* y *plant* [autobús, perro, taza, luna, anillo, granja, árbol, vestido, pan y planta].

## Análisis de datos

Se llevó a cabo un análisis para determinar si los participantes habían completado con éxito las pruebas, en términos significativamente más frecuentes que el intervalo de probabilidad. Fue necesaria una muestra de 54 personas para evaluar todas las mediciones de resultados con un potencial mínimo del 80 %. Para mantener un registro lo más uniforme posible en todos los centros, se fijó un límite de inscripción del 25 % sobre el tamaño total de la muestra. Este análisis se llevó a cabo con las 57 personas que participaron durante todo un año.

Se establecieron índices de éxito y objetivos de rendimiento para cada medición. Los índices de éxito se definieron como la capacidad de completar de forma satisfactoria una prueba con más frecuencia estadística que el intervalo de probabilidad. Para determinarlos, se calculó un intervalo de confianza para cada medición, siguiendo

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

el modelo estándar de intervalos de confianza asintótica de Wald. Se esperaba, por ejemplo, que todos los participantes pudieran identificar y tocar correctamente un objeto con un índice de probabilidad del 25 %. El intervalo de confianza unilateral del 97,5 % sobre un índice de éxito del sujeto del 25 % fue del 45 %. Por lo tanto, se determinó que identificar correctamente más de 9 objetos entre 20, en un periodo de evaluación, representaba un rendimiento satisfactorio por encima del intervalo de probabilidad. Para completar con éxito la prueba de reconocimiento de palabras por encima del intervalo de probabilidad, el participante tenía que identificar correctamente seis palabras, por lo menos. Respecto a la prueba de orientación y movilidad, se consideró satisfactoria si el participante se desplazaba y tocaba la señal deseada al primer intento.

Se fijaron los objetivos de rendimiento y se representó el porcentaje mínimo de participantes necesarios para completar cada prueba en el intervalo de éxito. Se calcularon los porcentajes de participantes que completaron con éxito las pruebas, de acuerdo a los criterios descritos anteriormente. El intervalo de confianza unilateral, inferior a 97,5 % (método Agresti-Coull), se comparó entonces con el objetivo de rendimiento de cada prueba. Un intervalo de confianza inferior, superior al objetivo de rendimiento, indicó un índice de éxito estadísticamente superior que el correspondiente a la probabilidad. Los objetivos del rendimiento fueron del 50 % en las pruebas de reconocimiento de objetos e identificación de palabras, y del 35 % en la tarea de orientación y movilidad.

## Resultados

Los problemas que fueron surgiendo se analizaron durante las llamadas telefónicas mensuales y las sesiones de evaluación trimestrales, sesiones estas últimas que incluían un examen oral a cargo de un experto en la materia. No hubo ningún problema grave relacionado con el dispositivo durante el tiempo que duró el estudio, aunque cinco participantes refirieron cinco problemas menores que se resolvieron antes de la evaluación anual final. Tres de ellos aludieron al gusto metálico en la boca, uno a experimentar una sensación de hormigueo en la lengua y otro a una mayor sensibilidad en la lengua. Se consideró que estos hechos eran de poca gravedad, por lo que no se modificó el uso del dispositivo y todos los participantes solucionaron completamente los problemas antes de finalizar su participación en el estudio.

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

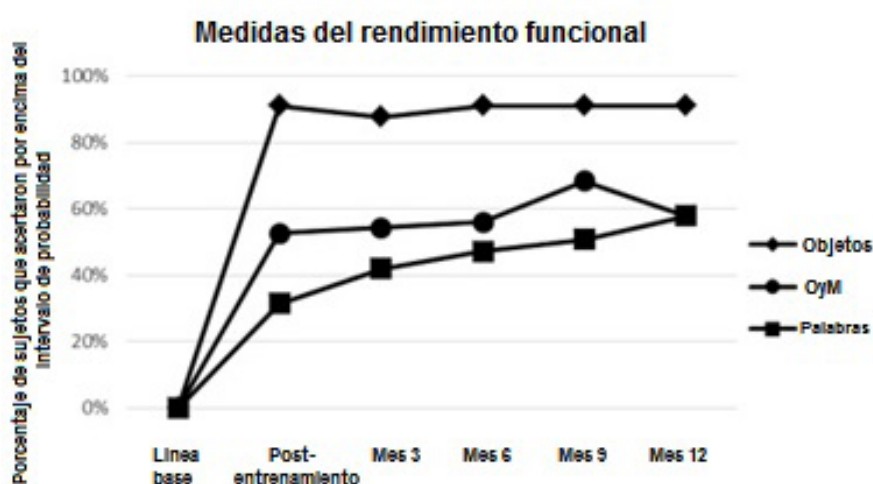
## Uso independiente del dispositivo

Los registros de uso internos del BrainPort se revisaron en cada evaluación trimestral para cuantificar objetivamente la frecuencia de uso, que permaneció estable a lo largo del estudio (aproximadamente 900 minutos por trimestre). Además de realizar las actividades propuestas por los miembros del equipo investigador, los participantes que registraron actividades en sus casas declararon que habían conseguido lo siguiente: recorrer un edificio con un acompañante y poder identificar y seguir sus movimientos, identificar teclas con números en un mando a distancia, leer palabras en la cubierta de un libro, localizar puertas y ventanas, identificar la entrada y el buzón de sus casas y andar sin tropezarse con obstáculos en sus viviendas.

## Comportamiento de la línea base

Ninguno de los participantes fue capaz de completar las mediciones del rendimiento funcional en la línea base del estudio cuando no utilizaba el BrainPort o cualquier otro dispositivo de ayuda durante la prueba. Tras unas diez horas de formación, los participantes fueron capaces de realizar con éxito el reconocimiento de objetos y los ejercicios de orientación y movilidad por encima del intervalo de probabilidad, y mantener este nivel de rendimiento a lo largo del estudio (v. Figura 6). Los resultados de los datos recogidos en los 12 meses están detallados a continuación y resumidos en la Tabla 2.

Figura 6. Medición del rendimiento en un periodo de doce meses (N=57)



GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.



Tabla 2. Medición del rendimiento funcional en la evaluación a los 12 meses (N = 57)

Medición	Éxito del participante* % (N)	Intervalo de confianza unilateral del 97,5 %, %	Objetivo de rendimiento, %	¿Rendimiento superior a probabilidad? (intervalo de confianza inferior > objetivo de rendimiento)
Reconocimiento de objetos	91,2 (52)	83,9	50	Sí
Identificación de palabras	57,9 (33)	45,1	50	No
Orientación y Movilidad	57,9 (33)	45,1	35	Sí

\* El éxito se definió como > 9 respuestas correctas en el reconocimiento de objetos, > 5 respuestas correctas en la identificación de palabras, dirigirse hacia el cartel señalado y tocarlo en la prueba de orientación y movilidad.

## Identificación de objetos

En esta tarea de reconocimiento de objetos, un 91,2 % de los participantes tocó e identificó con éxito más de 9 de los 20 objetos en la evaluación final. El intervalo de confianza unilateral inferior a 97,5 % (83,9 %) superó el objetivo de rendimiento del 50 %. Por lo tanto, la capacidad de los participantes para reconocer objetos con el BrainPort fue estadísticamente significativa, y representaba un rendimiento que excedía el del intervalo de probabilidad esperado.

## Identificación de palabras

En la evaluación final, al término de los 12 meses, un 57,9 % de los participantes pudo leer correctamente un mínimo de seis palabras. Sin embargo, del intervalo de confianza unilateral del 97,5 %, el límite mínimo (45,1 %) no superó el objetivo de rendimiento del 50 %, por lo que estos resultados no fueron estadísticamente relevantes.

## Orientación y movilidad

En esta prueba, un 57,9 % de los participantes pudieron localizar y tocar la señal especificada en menos de diez minutos, usando exclusivamente el BrainPort. El intervalo de confianza unilateral del 97,5 %, el límite mínimo (45,1 %) superó el objetivo de

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

rendimiento del 35 %, lo que indica que los participantes fueron capaces de completar esta tarea con un índice de éxito por encima del intervalo de probabilidad esperado.

## **Análisis de subgrupos**

Para determinar si las características del participante o del centro de estudio contribuían al rendimiento funcional, se llevaron a cabo análisis de subgrupos que examinaron la edad, el género, el tiempo transcurrido con ceguera y la ubicación del centro de estudio; se calcularon los valores  $p$  a partir del Test exacto de Fisher. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna medición del rendimiento por parte de ninguno de estos factores ( $ps < 0,05$ ).

## **Discusión**

Los resultados de este estudio muestran los beneficios funcionales del dispositivo BrainPort, con un perfil de seguridad de bajo riesgo. No se registró ningún problema grave relacionado con el dispositivo a lo largo del estudio; los incidentes registrados sobre el dispositivo fueron leves y se solucionaron con facilidad, lo que demuestra la baja probabilidad de riesgo asociada al dispositivo.

Este estudio demuestra que el BrainPort puede ayudar a personas con ceguera profunda a reconocer objetos, realizar tareas de movilidad e identificar palabras. No se pudo completar ninguna de estas pruebas en la línea base sin emplear el BrainPort u otros productos o técnicas de apoyo. Además, no se detectaron diferencias notables en el rendimiento funcional entre personas con ceguera congénita y personas con ceguera adquirida. Inmediatamente después de la formación inicial sobre el dispositivo, los participantes fueron capaces de realizar correctamente las pruebas de reconocimiento de objetos y de orientación y movilidad, lo que pone de manifiesto la capacidad de los usuarios para asimilar las funciones básicas del BrainPort en un breve periodo de tiempo, aun sin tener experiencia visual previa.

El BrainPort está pensado para usarse junto con un bastón blanco o un perro-guía. Sin embargo, algunas de sus funciones más útiles, como la función de zoom, permiten que los usuarios perciban objetos más allá del alcance de sus manos o de un bastón. Inmediatamente después de la instrucción, la mayoría de los participantes podía identificar y coger correctamente objetos de una mesa. La capacidad para localizar

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

objetos intencionadamente, sin tantear con la mano toda la superficie, es de gran importancia, sobre todo en situaciones en las que el objeto puede ser frágil o estar colocado en un lugar peligroso, como, por ejemplo, cerca de una estufa caliente.

El desplazamiento independiente es un objetivo importante para muchas personas con ceguera. Para ellas, identificar y leer las señalizaciones es una tarea difícil y que requiere mucho tiempo y, normalmente, la presencia de un acompañante o de conocimientos suficientes de braille. Aunque ninguno de los participantes pudo completar la prueba de movilidad en la línea base, más de la mitad de ellos lo consiguió tras la instrucción, y mantuvo esta habilidad a lo largo del año de duración del estudio. Los participantes también declararon haber completado con éxito los ejercicios de movilidad que realizaban en sus casas, como evitar obstáculos en el suelo, identificar los movimientos de un acompañante, o localizar objetos importantes, como el buzón.

La prueba de identificación de palabras fue la más dura de las tres tareas funcionales. Para realizarla correctamente, los participantes tenían que dominar la función del zoom y emplear movimientos de cabeza controlados que les permitieran leer las palabras en un campo de visión reducido. Las personas con ceguera congénita encontraron más dificultades a la hora de aprender las formas de las letras, ya que la mayoría estaba poco familiarizada con las formas de los caracteres del alfabeto antes de participar en este estudio. Aunque las personas con ceguera adquirida tenían más experiencia de reconocimiento de letras, su rendimiento en las mediciones funcionales fue similar al de las que tenían ceguera congénita. A pesar de que el éxito a la hora de leer palabras no fue estadísticamente significativo para este estudio, la capacidad de identificar letras con el BrainPort fue útil a la hora de realizar actividades diarias en casa, como reconocer los números en las teclas de un mando a distancia o leer la cubierta de un libro. Aprender a utilizar el BrainPort de forma eficaz es como aprender un nuevo idioma: requiere tiempo, paciencia y dedicación. Aunque la mayoría de los participantes pudo completar con éxito las pruebas funcionales inmediatamente después de recibir la formación sobre el dispositivo, puede que aquellos que no alcanzaron el nivel que se les pedía a lo largo del estudio necesitaran entrenamiento adicional o más tiempo para practicar.

El BrainPort es un dispositivo innovador para personas con ceguera profunda; no hay ningún otro producto de apoyo a la venta que proporcione información visual a través de estimulación en la lengua. Otras tecnologías emergentes, como los implantes de retina, requieren cirugía y una vía visual intacta (Humayun et al., 2012;

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

MacLaren y Pearson, 2007; Radtke et al., 2008; Zrenner et al., 2011). El BrainPort no necesita cirugía, y puede servir de ayuda a un gran número de personas con un amplio espectro de causas de ceguera (Lee et al., 2014; Nau et al., 2013). El BrainPort es un dispositivo práctico y seguro que puede aportar importantes beneficios a las personas ciegas independientemente de su edad, género o etiología, y del tiempo transcurrido desde el inicio de la ceguera.

## Limitaciones e investigación futura

Este estudio tiene varias limitaciones. En él se utilizó un diseño de medidas repetidas y un mismo grupo de objetos, letras y señales en todas las evaluaciones, por lo que existía la posibilidad de que una mejora en las mediciones fuese atribuida a la adquisición de práctica en la tarea, más que a una mejora en el uso del dispositivo. El objetivo de las mediciones de la evaluación era demostrar que los participantes podían culminar con éxito una prueba que, de no haber contado con el BrainPort, no habrían conseguido completar. El rendimiento fue relativamente consistente a lo largo del estudio, ya que los participantes fueron capaces de completar las tareas de identificación de objetos y de orientación y movilidad inmediatamente después del entrenamiento, y de mantener aproximadamente el mismo nivel de rendimiento hasta el final del estudio.

Las investigaciones futuras introducirán tareas más complejas, como utilizar objetos aplicables a situaciones de la vida real y ampliar el ejercicio de orientación y movilidad para poder incluir obstáculos colgantes y en el suelo, e identificar elementos importantes de una habitación (como la puerta o una silla vacía). Asimismo, en este estudio no se evaluó la importancia de la percepción de las personas al interactuar con la tecnología portátil. En la investigación que se está realizando actualmente, se ha introducido la metodología de las encuestas y el enfoque de grupo, en un intento de obtener más información acerca de la aceptación social del dispositivo. Por último, y aunque sea muy necesario investigar sobre la ceguera adquirida tras una lesión cerebral traumática y sobre ceguera infantil, ambos colectivos quedaron excluidos del presente estudio.

## Implicaciones para profesionales

El BrainPort está diseñado para mejorar la independencia funcional de personas con ceguera, al proporcionarles valiosa información sensorial. Su objetivo es

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

facilitar la identificación de información útil que pueda servir para realizar tareas cotidianas sin tener que acudir a la ayuda de un guía vidente. Este dispositivo está pensado para complementar los productos convencionales de apoyo para la movilidad, como el bastón blanco o el perro-guía, al proporcionar una información que estos últimos no pueden reconocer por sí solos. El BrainPort es un dispositivo aprobado por la FDA y que puede considerarse seguro y eficaz para las personas con ceguera profunda.

## Referencias bibliográficas

- ARNOLDUSSEN, A., y FLETCHER, D. C. (2012). [Visual perception for the blind: the BrainPort vision device \[página web\]](#). *Retinal Physician*, 9, 32-34.
- BACH, M. (2007). [The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis \[formato PDF\]](#). *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245, 965-971.
- BACH-Y-RITA, P. (2004). Tactile sensory substitution studies. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1013, 83-91.
- CHEBAT, D. R., KUPERS, R., y PTITO, M. (2011). Navigation with a sensory substitution device in congenitally blind individuals. *NeuroReport*, 22, 342-347.
- CHEBAT, D. R., RAINVILLE, C., KUPERS, R., y PTITO, M. (2007). Tactile «visual» acuity of the tongue in early blind individuals. *NeuroReport*, 18, 1901-1904.
- DANILOV, Y., y MITCHELL, T. (2005). [BrainPort: an alternative input to the brain \[formato PDF\]](#). *Journal of Integrative Neuroscience*, 4, 537-550.
- ESSICK, G. K., CHEN, C. C., y KELLY, D. G. (1999). A letter-recognition task to assess lingual tactile acuity. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57, 1324-1330.
- HUMAYUN, M. S., DORN, J. D., DA CRUZ, L., DAGNELIE, G., SAHEL, J. A., STANGA, P. E, y ARGUS II STUDY GROUP (2012). Interim results from the international trial of Second Sight's visual prosthesis. *Ophthalmology*, 119, 779-788.

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.

- LEE, V. K., NAU, A., LAYMON, C., CHAN, K. C., ROSARIO, B. L., y FISHER, C. (2014). [Successful tactile based visual sensory substitution use functions independently of visual pathway integrity \[formato PDF\]](#). *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-12.
- MACLAREN, R. E., y PEARSON, R. A. (2007). [Stem cell therapy and the retina \[formato PDF\]](#). *Eye*, 21, 1352-1359.
- NAU, A., BACH, M., y FISHER, C. (2013). [Clinical tests of ultra-low vision used to evaluate rudimentary visual perceptions enabled by the BrainPort vision device \[formato PDF\]](#). *Translational Vision Science & Technology*, 25, 1-12.
- NAU, A., PINTAR, C., ARNOLDUSSEN, A., y FISHER, C. (2015). [Acquisition of visual perception in blind adults using the BrainPort artificial vision device \[formato PDF\]](#). *American Journal of Occupational Therapy*, 69, 1-8.
- PTITO, M., MATTEAU, I., ZHI WANG, A., PAULSON, O. B., SIEBNER, H. R., y KUPERS, R. (2012). [Crossmodal recruitment of the ventral visual stream in congenital blindness \[formato PDF\]](#). *Neural Plasticity*, 2012, 1-9.
- PTITO, M., MATTEAU, I., GJEDDE, A., y KUPERS, R. (2009). Recruitment of the middle temporal area by tactile motion in congenital blindness. *NeuroReport*, 20, 543-547.
- PTITO, M., MOESGAARD, S., GJEDDE, A., y KUPERS, R. (2005). [Cross-modal plasticity revealed by electrotactile stimulation of the tongue in the congenitally blind \[formato PDF\]](#). *Brain*, 128(3), 606-614.
- RADTKE, N. D., ARAMANT, R. B., PETRY, H. M., GREEN, P. T., PIDWELL, D. J., y SEILER, M. J.] (2008). [Vision improvement in retinal degeneration patients by implantation of retina together with retinal pigment epithelium \[formato PDF\]](#). *American Journal of Ophthalmology*, 146, 172-82.
- SAMPAIO, E, MARIS, E., y BACH-Y-RITA, P. (2001). [Brain plasticity: «visual» acuity of blind persons via the tongue \[formato PDF\]](#). *Brain Research*, 908, 204-207.
- VAN BOVEN, R. W., y JOHNSON, K. O. (1994). The limit of tactile spatial resolution in humans: grating orientation discrimination at the lip, tongue, and finger. *Neurology*, 44, 1261-1266.

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.



ZRENNER, E., BARTZ-SCHMIDT, K. U., BENAÏ, H., BESCH, D., BRUCKMAN, A., GABEL, V. P., y GEKELER, F. (2011). Subretinal electronic chip allow blind patients to read letters and combine them to words. *Proceedings Biological Sciences/The Royal Society*, 278, 1489-1497.

La financiación para esta investigación provino de las empresas Wicab, Inc., Middleton, Wisconsin, y Google, Inc., Mountain View, California. La Sra. Spencer y los doctores Seiple, Nau, Szyk, Gordon, Nussdorf y Fletcher no tienen intereses económicos en el producto BrainPort V100. La doctora Arnoldussen es consultora científica en Wicab, Inc., pero tampoco tiene intereses económicos en él. La Sra. Grant y el Sr. Hogle sí tienen interés económico en el BrainPort V100.

---

GRANT, P., SPENCER, L., ARNOLDUSSEN, A., HOGLE, R., NAU, A., SZLYK, J., NUSSDORF, J., FLETCHER, D. C., GORDON, K., y SEIPLE, W. (2016). Rendimiento funcional del dispositivo BrainPort V100 en personas con ceguera profunda. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 69, 93-113.