

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE DISPOSITIVOS DE TERAPIA DE ELECTROESTIMULACIÓN PARA DISFAGIA

Review of the state of art of devices for electrostimulation therapy for dysphagia

D.I (e) Daniela Ordoñez Suárez¹
PhD. John Faber Archila²

Resumen:

El presente artículo tiene como objetivo la revisión y descripción del estado del arte de dispositivos de terapia de electroestimulación, para permitir una documentación que brinde un punto de partida en procesos siguientes como el desarrollo de nuevas alternativas. Para esto se procede a la realización de un benchmarking a través de la literatura que reúne una serie de productos ya disponibles para analizarlos desde el punto de vista de sus características, ventajas, desventajas, tecnologías utilizadas para su funcionamiento y la consecuente percepción que tienen los usuarios sobre estos. Con el fin de brindar información útil en la materia, se eligen diseños recientes, congruentes con el mundo actual, sus recursos y limitaciones; además de reunirse información proveniente de profesionales en la salud y rehabilitación como criterios que ayuden a la evaluación de los diferentes productos.

Palabras clave: Estado del arte, electroestimulación, dispositivos.

Abstract:

The objective of this article is to review and describe the state of the art of electrostimulation therapy devices to carry out a documentation that provides a starting point in following processes such as the development of new alternatives. For this, a benchmarking is carried out using literature to gather a series of products already available to analyze them from the point of view of their characteristics, advantages, disadvantages, technologies used for their functioning and the consequent perception that the users have about these. In order to provide useful information on the subject, recent designs are chosen, congruent with the current world, its resources and limitations; besides gathering information from professionals in health and rehabilitation as criteria that help the evaluation of different products.

Keywords: State of art, electrostimulation, devices.

¹ Universidad Industrial de Santander. Grupo de Investigación GIROD, Semillero DIRO. Correo electrónico: DANIELA.ORDONEZ1@correo.uis.edu.co

² Universidad Industrial de Santander. Grupo de Investigación GIROD, Semillero DIRO. Correo electrónico: uis.edu.co/jfarchid@uis.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La identificación de necesidades y la preocupación por hallar maneras de suplirlas, han llevado siempre a la humanidad hacia avances significativos (Marino-Vera et al., 2017; Cadena-Muñoz et al., 2015). Este es el caso de grupos de personas de múltiples disciplinas que reúnen sus esfuerzos en torno al desarrollo de dispositivos, sistemas, terapias o métodos que disminuyen los impactos negativos de patologías y mejoran la calidad de vida de los pacientes (Patiño-Cuervo & Caro, 2017; Vargas et al., 2016; Castellanos-Vega & Rodríguez-Navas, 2017).

Este escrito se ha dirigido entonces hacia la reunión de estos avances, específicamente para el tratamiento de la disfagia o deglución deficiente a través de la electroestimulación, por lo que se debe empezar por tener una definición cercana de estos dos términos.

La disfagia es: “Trastorno de la deglución, consistente en una dificultad para formar el bolo alimenticio, dirigirlo a la faringe e iniciar los movimientos de deglución (disfagia orofaríngea p alta); o para avanzar el bolo alimenticio desde la faringe a través del esófago hasta el estómago (disfagia esofágica o baja)” (Empendium, 2018).

Este trastorno puede tener como causa la presencia de enfermedades complejas como mal de Parkinson o cáncer de estómago y es más común en adultos mayores. A su vez, el deterioro nutricional y general a causa de la disfagia es considerable teniendo en cuenta que dificulta una de las necesidades más básicas del ser humano: la alimentación (Suárez-Escudero et al., 2018).

Se han generado diversas formas de tratamiento, como espesantes en las comidas de los pacientes o estimulación de los músculos, mediante masajes manuales o con hielo (Nazar et al, 2009). La electroestimulación se ha abierto campo como terapia efectiva para la disfagia, la cual consiste en aplicar vibraciones de corriente eléctrica, a través de electrodos a la zona que necesita rehabilitarse (Hermanas Hospitalarias, 2016).

La electroestimulación es un claro ejemplo de la multidisciplinariedad de la que se habló en el inicio de este escrito, con el objetivo de estimular el grupo de músculos responsables de la deglución. En este caso, los conocimientos de medicina junto con la ingeniería, eléctrica, electrónica y de diseño industrial dan origen a una serie de variantes en dispositivos para la aplicación de esta y otras terapias, diferentes en forma, interfaz, versatilidad y componentes (Gualdrón-Guerrero et al., 2014; Cerón-Correa et al., 2013; Santafé et al., 2013).

El propósito entonces de esta revisión es determinar los dispositivos disponibles para la ejecución de la terapia, reuniendo sus características como: funcionamiento, relación con los usuarios, modo de uso, ventajas y desventajas.

2. METODOLOGÍA

El proyecto es de carácter exploratorio con enfoque cualitativo, pues busca comparar tres alternativas tecnológicas para el tratamiento de la disfagia (Silva-Cañaveral, 2016). A través de revisión de la literatura se recopila información correspondiente a una serie de dispositivos existentes y sus respectivas características, las cuales incluyen: componentes, funcionamiento y secuencias de uso.

Una vez documentados estos datos, se procede a realizar un análisis desde el punto de vista del diseño, usabilidad, es decir el nivel de retroalimentación del producto hacia el usuario, facilidad de comprensión del funcionamiento tanto del usuario directo como del indirecto; ventajas, desventajas y aspectos de ergonomía tales como postura del paciente y qué tanto influye el dispositivo en ella. Esto con el propósito de dar un primer paso en el mejoramiento de estos dispositivos e incrementar la calidad de la terapia en propuestas futuras.

3. TERAPIA MANUAL PARA LA DISFAGIA

El riesgo que representa la disfagia para la vida de las personas, se debe a sus graves complicaciones, como: deshidratación, estreñimiento en manera crónica al no recibirse la cantidad de líquidos y fibra necesarios, desnutrición, o incluso llevar a complicaciones respiratorias. Por esta razón, los profesionales en salud se han dado a la tarea de desarrollar una gran variedad de tratamientos para controlarla o combatirla (Camarero-González, 2009; ríos-Rincón et al., 2017).

Para desarrollarse la terapia de electroestimulación, se comprendió entonces la función de las terapias de tipo manual que consisten en realizar cambios en la postura durante el acto de comer, tratando de que el paciente conserve su espalda a 90° del plano de su silla y dependiendo de la condición de disfagia particular se intervendrá la posición de su cabeza. (Figura 1)



Figura 1. Postura recomendada en tratamiento de disfagia (Hospital Aita Menni, 2015).

También se encuentran estimulaciones manuales tanto del grupo de músculos involucrados en el proceso como de las vías sensitivas; es decir, se realiza la rehabilitación a través de masajes, o estimular la lengua con la cuchara misma haciendo que el paciente se esfuerce por tocarla con la punta o con el suelo de la lengua. Se realiza también estimulación con hielos y elementos con diversos sabores como por ejemplo leche en polvo, la cual se ubica en los labios del paciente para que éste pase su lengua sobre ellos a manera de ejercicio.

Otra de las alternativas es la aplicación de vibraciones sobre los músculos del rostro y cuello con ejercicios como hacer vibrar los labios o mediante elementos sencillos como un cepillo de dientes eléctrico. Estas terapias dan pie a lo que trata la electroestimulación.

4. TERAPIA DE ELECTROESTIMULACIÓN Y SUS DISPOSITIVOS.

La electroestimulación no es utilizada solamente en el tratamiento de la disfagia, sino que ha tenido sus efectos en la rehabilitación de pacientes con debilidad en su masa muscular e incluso como un complemento para ejercitar y tonificar. La implementación de ésta terapia puede ser transcutánea; es decir, aplicando la corriente a través de electrodos que se colocan provisionalmente sobre la piel por lo que resulta ser la más utilizada gracias a su naturaleza no invasiva; También puede ser percutánea o intramuscular, la cual es utilizada mayormente para tratar tendinopatías. Ambas modalidades tienen como objetivo aplicar una magnitud de corriente eléctrica sobre los músculos del paciente, según el cuadro médico que presente, para ocasionar una contracción que despolarice los nervios que disminuyen la actividad de las fibras musculares (Humbert et al., 2012).

Para la electroestimulación transcutánea generalmente los dispositivos se componen de dos electrodos bipolares o de carga positiva y negativa, que son alimentados desde una fuente o dispositivo externo que permite el control de la magnitud de las cargas, la cual depende de la ubicación de los electrodos sobre el paciente, ya que si se estimula el punto donde el nervio entra al músculo se necesitará menos corriente.

Dispositivos

A continuación se referencian los dispositivos analizados, disponibles en el mercado:



Figura 2. Equipo de electroestimulación especial para disfagia Ampcare (Pownall et al., 2017).

La Figura 2 muestra un dispositivo específico para tratamiento de la disfagia, que consta de: unos electrodos, un dispositivo de control de la magnitud de la carga y un soporte para la postura de la cabeza del paciente. Se permite la realización de contracciones musculares que provocan movimientos considerables como ejercicio de rehabilitación, tal como se muestran las figuras 3 y 4, las que además evidencian una alternativa de uso del dispositivo sin el soporte.



Figura 3. Electrodo ubicado, no hay contracción (Ampcare ESP, 2018).



Figura 4. Contracción con electroestimulación (Ampcare ESP, 2018).

El movimiento de los músculos obtenido mediante este equipo es bastante notable, lo que permite que el tiempo de terapia con el dispositivo sea de 30 minutos.

- **Ventajas:**

El equipo de Ampcare permite realizar terapias cortas pero efectivas, al permitir la ubicación de los electrodos en un punto específico para el tratamiento de la disfagia.

El control del dispositivo es de fácil aprendizaje, por lo que permite al terapeuta utilizarlo y comprenderlo con menor rango de error.

El diseño de los electrodos permite al usuario intuir dónde deberá ubicarlos, evitando así un riesgo de estimular un grupo de músculos errado que podría causar efectos negativos en la salud y recuperación del paciente. Además, estos electrodos tienen conexiones apartadas (Figura 5), lo que brinda versatilidad en el modo de uso del dispositivo, pudiéndose usar bien sea con o sin el soporte; de esta manera puede realizarse la conexión del electrodo libremente sin dañar los cables que transmiten la energía.



Figura 5. Ubicación de los electrodos (Ampcare ESP, 2018).

El dispositivo permite las contracciones de músculos cercanos a la barbilla, como se observó en las figuras 3 y 4, y también músculos del cuello. Se logra a través del control determinar cuántas contracciones se desean realizar dentro de una medida de tiempo, y su intensidad, lo que permite el ejercicio de fibras musculares más superficiales o más profundas.

El soporte es un elemento aparte, opcional que funciona como restaurador de postura, ya que como se mencionó anteriormente, parte de la rehabilitación de la disfagia es la educación del cuerpo del paciente para adoptar posturas que le ayuden a potenciar su capacidad de tragar. (Ver figura 6.)

Los diferentes elementos tienen un trabajo de forma-función elaborado de tal manera que se justifica su interdependencia, haciendo que se complementen y actúen en pro de la comprensión del objeto.

- Desventajas:

El soporte parece un elemento estorboso y con poca posibilidad de adaptarse a la longitud del cuello de cada persona; aunque es un buen complemento a la terapia, podría hacerse una mejora en términos de comodidad y medidas.



Figura 6. Dispositivo de restauración de postura (Ampcare ESP, 2018).

VitalStim también ha incursionado como una alternativa de terapia mediante electroestimulación, logrando varios diseños de dispositivos para su aplicación, que conservan una estructura similar en cuanto a sus componentes se refiere.



Figura 7. Dispositivo para electroestimulación VitalStim . Fuente:https://www.ncmedical.com/item_3449.html

La figura 7 muestra uno de los dispositivos desarrollados por VitalStim, portátil, de apariencia simple, compuesto por hasta 4 electrodos, un control y fuente de corriente eléctrica que permite la variación y manejo de las contracciones según sea el caso clínico. Además funciona con baterías AA lo que permite alargar la vida útil del dispositivo sin condicionarlo a un tipo de batería específico que puede afectar la aplicación de la terapia en un momento determinado.

- Ventajas

Permite el uso de varios electrodos de forma simultánea que pueden ser ubicados de distinta manera, según el tipo de rehabilitación que el paciente requiera, pudiendo estimular músculos del cuello y cara gracias a que el diseño del electrodo le permite adaptarse a las formas únicas e irregulares de estas zonas.

Puede decirse que su diseño es compacto y permite al terapeuta transportarlo fácilmente sin mayor riesgo de olvidar alguno de sus componentes. Los comandos y controles del dispositivo son de fácil comprensión, familiares a aquellos que se encontraría en otro tipo de aparatos electrónicos, lo que permite al terapeuta aprender fácilmente cómo determinar la terapia según convenga.

La libertad de ubicación de los electrodos permite tratar la disfagia en muchas de sus fases de desarrollo, es decir, manifestaciones leves o más severas cambiando la intensidad de la corriente desde el control y la posición de los electrodos en el paciente, tal como se muestra en las figuras 8 y 9, donde los electrodos son ubicados dependiendo de la condición y el grupo muscular que necesita ser rehabilitado.



Figura 8. Ubicación de electrodos de VitalStim para tratar restos de postdeglución (Hermanas Hospitalarias, 2016)



Figura 9. Ubicación de electrodos de VitalStim en el rostro, para mejorar la fase oral de la disfagia (Hermanas Hospitalarias, 2016).

- Desventajas

Respecto al dispositivo anterior, está en desventaja al centrarse netamente en la estimulación sin intervenir o complementar la terapia con cambios o correcciones posturales. Sin embargo, la terapia VitalStim en sí misma es ya bastante completa.

La ubicación de los electrodos debe ser bastante cuidadosa al ser tan versátil, ya que si se ubica erróneamente sobre zonas sensibles del cuello como cerca a la aorta o al seno carotideo debido a su alto grado de sensibilidad. Es por esto que este y cualquier otro tipo de terapias deben ser realizadas por profesionales plenamente capacitados.



Figura 10. Dispositivo de electroestimulación en carro VitalStim (Intelect VitalStim, 2018).

La figura 10 muestra una variación a la estructura de los dos anteriores dispositivos. En este caso, el electroestimulador está pensado para tratamiento intrahospitalario; no es un dispositivo portátil lo que permite restringir su manipulación a médicos especializados en la materia.

Consta de una estructura con ruedas para su transporte, sobre el cual se ubica un panel de comandos y pantalla donde el terapeuta o médico puede determinar la frecuencia de las contracciones para la realización de la terapia. Este dispositivo tiene cuatro canales para electrodos y material audiovisual sencillo de comprender para integrar al paciente al conocimiento de su propia rehabilitación. (Figura 11)

- Ventajas

El mejor avance en este dispositivo es su interacción con los usuarios: médico/terapeuta y paciente, esto gracias a que tiene una opción muy favorable de guardar dentro de su sistema información de sesiones previas, que permite reanudar la terapia si es necesario o saber cuál es el siguiente paso.



Figura 11. Imagen completa del dispositivo electroestimulador en carro VitalStim (Intellect VitalStim, 2018).

Al igual que los dispositivos anteriores, éste electroestimulador permite graduar la frecuencia de las contracciones y la ubicación de los electrodos en el paciente, al tener cuatro salidas para éstos, se pueden tratar grupos de músculos en ambos lados de la cara y cuello.

Cuenta con una guía para el profesional tratante, la cual, mediante gráficas mostradas a través de la pantalla, le permite saber dónde ubicar los electrodos según sea el caso. El dispositivo además, tiene una comunicación con el paciente, de tal manera que pueda comprender el tratamiento, además de obtener una retroalimentación que le brinda información sobre su progreso.

El médico o terapeuta puede guardar en el dispositivo datos sobre el nivel de tolerancia al dolor durante la sesión, o qué tan exitoso fue el proceso de deglución durante la terapia, pues parte de su protocolo es realizar pruebas de tragar mientras la electroestimulación actúa.

Toda esta actividad de almacenamiento de datos y retroalimentación o feedback hacen de éste un dispositivo integral, pensando en el usuario no sólo de forma física sino cognitiva y emocional. Además, logra facilitar la tarea del terapeuta y personalizar cada sesión sin mayor esfuerzo.

- Desventajas

Al ser un dispositivo con múltiples funciones, y de carácter intrahospitalario, es de un tamaño muy grande, que lo convierte en un equipo exclusivo de entorno clínico. Esto influye también en el proceso de ensamblaje y transporte hasta el destino final, en términos de volumen. Debido a esto también, el consumo de energía que ha de necesitar es mayor que el de los dispositivos anteriormente analizados.

En general, la terapia de electroestimulación permite la mejora de los músculos responsables de la deglución, mejora el tono y los estimula para evitar la atrofia de los mismos y por ende que la condición empeore. Las precauciones que deben tenerse con terapias de éste tipo, que manejan cargas eléctricas, es estimular zonas con

hipersensibilidad en especial las zonas del cuello como se mencionaba: aorta y seno carotideo, además, se debe tener especial cuidado en pacientes con marcapasos o enfermedades epilépticas. Las sesiones deben ser realizadas por un profesional de la salud capacitado para llevarlas a cabo al ser un tema muy delicado.

5. CONCLUSIONES

La intervención de la ingeniería en el ámbito de la salud ha logrado el desarrollo de dispositivos de apoyo para rehabilitación, que facilitan la recuperación de los pacientes y el desempeño de los profesionales de la salud.

Los dispositivos analizados son de similar estructura, comparten elementos que son fundamentales para su funcionamiento como los electrodos y un elemento aislado para control y fuente de energía.

La versatilidad en cuanto a la posición de los electrodos permite un tratamiento más completo y personalizado y éstos deben tener a su vez la capacidad de adaptarse a las formas del cuerpo de cada persona. Además, el graduar la intensidad de las contracciones en cada sesión es una característica que se encuentra en los tres dispositivos analizados, por lo que se trata de un requerimiento del tratamiento.

El tercer dispositivo analizado, electroestimulador en carro, es el dispositivo más completo, con capacidad de guardar datos y de mejor comunicación e interacción con el usuario. Sin embargo, como se mencionó en su análisis, no es un elemento compacto que pueda usarse para terapias domiciliarias, las cuales tienen una demanda considerable, por lo que una propuesta de mejora sería involucrar estos diagramas a los dispositivos portátiles para comunicarse con el terapeuta y enseñar al paciente la dinámica de la terapia.

6. RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión-VIE, y al semillero de investigación DIRO, del grupo de investigación GIROD, de la Universidad Industrial de Santander, y al proyecto de investigación número 2415 de la convocatoria interna VIE UIS

REFERENCIAS

Ampcare ESP (agosto 18 de 2018). The Revolutionary Swallowing Treatment. Recuperado de: <https://swallowtherapy.com/>

Pownall, S., Enderby, P., & Sproson, L. (2017). Electrical Stimulation for the Treatment of Dysphagia. In *Electroceuticals* (pp. 137-156). Springer, Cham.

Cadena-Muñoz, E., Eslava-Blanco, H. J., Páez-Parra, I. P. (2015). CAPA FÍSICA Y ALGORITMOS DE PLANIFICACIÓN DE ENLACE DESCENDENTE EN LTE Y WiMAX. *Revista Colombiana de Tecnologías De Avanzada*, 2 (26), 28–30.

Camarero-González, E. (2009) Consecuencias y tratamiento de la disfagia. *Nutrición Hospitalaria*, 2 (2), 66-78.

Castellanos-Vega, R., & Rodríguez-Navas, Y. (2017). Caracterización de condiciones laborales de egresados de fisioterapia de la Universidad de Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(1), 97-106. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n1.2017.5560>

Cerón-Correa, A., Salazar-Jiménez, A. E., & Prieto-Ortiz, F. A. (2013). Reconocimiento de rostros y gestos faciales mediante un análisis de relevancia con imágenes 3D. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4 (1), 7-20. doi: 10.19053/20278306.2563

Empendium (agosto 12 de 2018). Disfagia - Síntomas – Manual de medicina interna basada en la evidencia. Recuperado de: <https://empendium.com/manualmibe/chapter/B34.I.1.12>.

Intellect VitalStim (agosto 25 de 2018). Dispositivo electroestimulador en carro VitalStim. Recuperado de: <http://international.chattgroup.com/es/productos/intelect-vitalstim>

Gualdrón-Guerrero, O. E., Durán-Acevedo, C. M., Ortiz-Sandoval, J. E., & Araque-Gallardo, J. A. (2014). Implementación de un modelo neuronal en un dispositivo hardware (FPGA) para la clasificación de compuestos químicos en un sistema multisensorial (nariz electrónica). *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2 (24), 127-133. doi: <https://doi.org/10.24054/16927257.v24.n24.2014.2347>

Hermanas Hospitalarias (2016) El uso de la electroestimulación como terapia innovadora y complementaria para el tratamiento de la disfagia. Recuperado de: <http://xn--daocerebral-2db.es/publicacion/el-uso-de-la-electroestimulacion-como-terapia-innovadora-y-complementaria-para-el-tratamiento-de-la-disfagia/>

Hospital Aitta Menni (2015) Guía para el manejo de la disfagia. España.

Humbert, I. A., Michou, E., MacRae, P. R., & Crujido, L. (2012). Electrical stimulation and swallowing: How much do we know?. In *Seminars in speech and language* (Vol. 33, No. 3, p. 203).

Marino-Vera, H., Mendoza, L., & Gualdrón-Guerrero, O. (2017). Medición automática de variables antropométricas para la evaluación de la respiración usando visión artificial. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(1), 161-169. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n1.2017.7407>

Nazar G. et al (2009) Evaluación y manejo integral de la disfagia orofaríngea. Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Las Condes

Patiño-Cuervo, O., & Caro, E. O. (2017). Tecnología aplicada a un caso particular de discapacidad múltiple. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(1), 121-133. doi: 10.19053/20278306.v8.n1.2017.7373

Ríos-Rincón, A., Álvarez-Jaramillo, L., & Vargas-Chaparro, M. (2017). Retos para el siglo XXI: biomecánica y terapia ocupacional. *Revista Colombiana De Rehabilitación*, 7(1), 73-81. doi: <https://doi.org/10.30788/RevColReh.v7.n1.2008.130>

Santafé, YE., Chaparro, B., & Franco, J. (2013). Detección de patrones característicos con transformadas wavelet en señales electromiográficas del cuádriceps. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2 (20), 151-158. Recuperado de: http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/download/202/206

Silva-Cañaveral, S. (2016). La investigación-creación en el contexto de la formación doctoral en diseño y creación en Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(1), 49-61. doi: <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.5601>

Suárez-Escudero, J. C., Rueda-Vallejo, Z. V., & Orozco, A. F. (2018). Disfagia y neurología: ¿una unión indefectible?. *Acta Neurol Colomb.*, 34 (1), 92-100.

Vargas, C. E., Ortega, S. J., Leandro, K., Alfonso, M. L., & Sandoval, C. (2016). Riesgo cardiovascular en la población de 18 a 60 años en la ciudad de Tunja, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 6(2), 169–177. doi: <http://doi.org/10.19053/20278306.4604>