

## AUTOGLOSÓMETRO: DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA DISFAGIA

**A. P. Laquidara<sup>1,2</sup>, L. M. Zerbino<sup>1,2,3</sup>, M. Noguera<sup>1</sup>, N. Bogliacino<sup>1</sup>**

- 1- Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 1 y 47. (1900) La Plata - Buenos Aires - Argentina
  - 2- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP) (CONICET-CICBA) C.C. 3 (1897) Gonnet
  - 3- Facultad Regional La Plata. Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Calle 60 y 126. (1900) La Plata
- e-mail: [polol@ciop.unlp.edu.ar](mailto:polol@ciop.unlp.edu.ar)

Las lesiones nerviosas que afectan la lengua, la boca, la faringe y la laringe pueden suceder en la evolución de los tumores, traumas locales o traumas craneales, esclerosis múltiple, encefalitis, etc. y pueden ocasionar desórdenes oro-faríngeos, patología comúnmente denominada Disfagia. Los métodos tradicionales para el tratamiento de la disfagia incluyen terapia del lenguaje convencional y los ejercicios orales, la educación del paciente, maniobras de deglución y ejercicios fisiológicos. Estimulación térmica (aplicación de frío a la zona de la garganta) ha sido de uso común. Alteraciones en la dieta y estrategias alimentarias también se usan de forma terapéutica para mejorar la eficiencia y la seguridad de la deglución. En la mayoría de los casos moderados a graves, era necesario emplear tubos para nutrir a los pacientes. En el Marco de los Proyectos 11/I130 y 11/I170 se concibió, diseñó y desarrolló con financiamiento de subsidio de la CIC-BA el prototipo conceptual de un aparato que hemos denominado AutoMioGlosómetro. El instrumento fue concebido para la rehabilitación, por medio de electro estimulación y biofeedback, de personas con dificultades en la deglución (disfagia). En un desarrollo previo realizado en el CIOP, denominado Automioestimulador, se implementó la técnica de bioretroalimentación para asistir en la rehabilitación de miembros superiores o inferiores a víctimas de accidentes cerebro vasculares (ACV). Mediante el mecanismo de entrenamiento cognitivo el paciente realiza un esfuerzo en el miembro sano y dispara el estímulo eléctrico sobre el parético, copiando los movimientos que intenta reproducir en este último. En el presente desarrollo se han sumado a estas funciones las de electro estimulación secuencial de dos pares de electrodos adhesivos colocados sobre la garganta. La finalidad de dichos electrodos es funcional y de entrenamiento a la deglución. Se adiciona a las funciones previas de electroestimulación disparada por el paciente, la del efecto agonista o de recompensa, que, frente a una intención de movimiento del miembro parético, o de intento de deglución, el electroestimulador acciona sobre el mismo grupo muscular para completar la acción deseada. La bioretroalimentación acelera la rehabilitación del paciente que suma a la electroestimulación convencional su participación activa y voluntaria.

El objetivo de este trabajo fue sintetizar en un aparato las herramientas para la evaluación y reeducación en personas con problemas de disfagia, por medio de electromiografía, estimulación eléctrica neuromuscular aplicada a la región de la garganta y el uso de sensores de presión para el gatillado del estímulo como técnicas no invasivas, actualmente usadas para tratar estas situaciones.

Al mismo tiempo este instrumento puede ajustarse a tratamientos en pacientes con otro tipo de musculatura en estado de atrofia como miembros superiores. De esta manera, basados en el aparato ya diseñado y denominado "Automioestimulador" se avanzó sobre el mismo y, se adaptó a tratamientos oro-faríngeos, es decir en pacientes con problemas en la deglución. El equipo prototipo se encuentra en evaluación en un centro de diagnóstico y tratamiento del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires.

## I. INTRODUCCIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS

Las lesiones nerviosas que afectan la lengua, la boca, la faringe y la laringe pueden suceder en la evolución de los tumores, traumas locales o traumas craneales, esclerosis múltiple, encefalitis, etc. y pueden ocasionar desórdenes oro faríngeos, patología comúnmente denominada Disfagia.

Los métodos tradicionales para el tratamiento de la disfagia incluyen terapia del lenguaje convencional y los ejercicios orales, la educación del paciente, maniobras de deglución y ejercicios fisiológicos. La estimulación térmica (aplicación de frío a la zona de la garganta) ha sido de uso común. Alteraciones en la dieta y estrategias alimentarias también se usan de forma terapéutica para mejorar la eficiencia y la seguridad de la deglución. En la mayoría de los casos moderados a graves, es necesario emplear tubos para nutrir a los pacientes.

Los tratamientos actuales están evolucionando hacia nuevas prácticas, algunas de ellas con gran potencial aparente para impactar positivamente en la disfagia y acelerar la recuperación. La utilización de la NMES (estimulación eléctrica neuromuscular) está dando buenos resultados tanto en pacientes hospitalizados como ambulatorios. El uso de electromiografía (EMG) de superficie es otra modalidad útil, porque el conocer el nivel de actividad en sus músculos anima al paciente a tragar.

El objetivo de este trabajo fue sintetizar en un aparato las herramientas para la evaluación y reeducación de la deglución en personas con problemas de disfagia, por medio de electromiografía, estimulación eléctrica neuromuscular aplicada a la región de la garganta y el uso de sensores de presión para gatillado del estímulo como técnicas no invasivas, actualmente usadas.

Al mismo tiempo este instrumento puede ajustarse a tratamientos en pacientes con otro tipo de musculatura en estado de atrofia como miembros superiores.

De esta manera, basados en un aparato ya diseñado y denominado "Automioestimulador" se avanzó sobre el mismo y, se adaptó a tratamientos orofaríngeos, es decir en pacientes con problemas en la deglución.

## II. MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Con el objetivo de establecer los distintos modos de funcionamiento con que contaría el equipo, se realizaron entrevistas con distintos profesionales. Con la información obtenida de estas entrevistas más la información de otros equipos similares, se enmarcó lo que sería el prototipo a desarrollar.

El Autoglosómetro dispone de diversos modos de funcionamiento. Al emplearlo en diagnóstico, puede realizar Electromiografía (EMG) transcutánea en dos canales y presentar al paciente una indicación visual o auditiva de su esfuerzo muscular.

Esta información permite desarrollar un tratamiento que tenga como meta obtener niveles de esfuerzo muscular consignados por el profesional médico en un ciclo de retroalimentación o myofeedback.

Al aplicar electro estimulación el equipo puede realizarlo de varias maneras, con o sin intervención del paciente.

### EMG (Electromiograma):

Es posible sensar la actividad muscular por medio de los potenciales de acción y de reposo que presentan tanto los músculos de la faringe y el músculo cricofaríngeo como los demás miembros tratados. Esta técnica se utiliza en tratamientos de Biofeedback, donde el paciente ejercita su actividad, al mismo tiempo que puede visualizarla.

Se implementa el Biofeedback de tres formas distintas: auditiva por medio de un tono de frecuencia variable y proporcional al esfuerzo realizado por el paciente. Visual, por medio de barras de leds luminosos con niveles también proporcionales al esfuerzo realizado. Y una tercera con interface en la PC, representando las señales sensadas en función del tiempo, es decir permite representar dos canales simultáneos.

En este modo es posible realizar Biofeedback positivo, modalidad correspondiente al refuerzo de los músculos que se muestran débiles o con pereza (situando los electrodos comúnmente en los músculos suprahioides). O Biofeedback negativo relacionado con los músculos hipertónicos que hay que enseñar al paciente a relajar (ejemplo típico el parkinson).

### NMES (Estimulación Eléctrica Neuromuscular)

Es posible ejercitar los músculos, por medio de NMES. De este modo a lo largo de series de sesiones aplicadas, conseguir una mejor respuesta en las ondulaciones que involuntariamente se producen y que participan en la mecánica y que evocan el proceso de la deglución. Esta basado en series cíclicas de pulsos simétricos con forma de onda bifásica de frecuencia fija (80 Hz.) y de intensidad ajustable. Permite al clínico elegir la estimulación mas adecuada para el músculo a ser tratado. El objetivo es proveer el ajuste que proporcione calidad en la contracción muscular y reducción al mínimo de la fatiga.

### EMG-ESTIM (Electromiograma y estimulación):

Combinación de Electro miógrafo (EMG) y Estimulador Eléctrico Neuromuscular. Este modo está basado en el precedente modo, y se sintetiza como Estimulación Eléctrica Neuromuscular controlada por mío-señales. Es decir sensado con un juego de electrodos en una musculatura sana y estimulación con el segundo juego de electrodos en la parética. La estimulación es disparada por el automiografo luego de fijado el umbral mínimo. De esta forma conseguimos interacción del paciente con el proceso de reeducación.

### RECOMPENSA (efecto agonista):

Es también combinación de electromiografo y estimulación eléctrica, con umbral de disparo auto ajustable por nivel de esfuerzo. Cuando el paciente intenta incrementar la actividad eléctrica en el grupo de músculos afectados, el estímulo es aplicado al mismo grupo de músculos, cada vez que este umbral es superado por el esfuerzo del paciente, por medio del mismo juego de electrodos. Este estímulo contribuye a completar la acción iniciada por el paciente recompensando su esfuerzo.

### BARO-ESTIM:

Disparo externo del estímulo con transductores de presión hinchables. El esfuerzo lingual esta sincronizado con el disparo de los electrodos estimuladores. El objetivo de este modo es tomar el momento de la deglución como gatillado del estímulo.

### BAROFEEDBACK:

Utiliza una sonda de presión hinchable, permitiendo cuantificar la fuerza de apoyo de la lengua sobre el paladar por medio de traductores de presión cuya intensidad es mostrada en la PC en función del tiempo. Es una técnica de reeducación. Permite cuantificar el trabajo realizado por el paciente y objetiva sus progresos. Por ejemplo en el ejercicio de elevar el ápex de la lengua colocándola detrás de los incisivos superiores y llevándola hacia atrás en el movimiento de propulsión.

### III. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO

En las Figuras 1 a 4 se muestran diferentes vistas del equipo, sus elementos de configuración y visualización, y sus conexiones con los electrodos de sensado y de estimulación.

La interfaz entre el equipo y la PC está conformada mediante:

- Un dispositivo LABJACK que toma las señales del conector del equipo y las transmite a la PC a través del puerto USB.
- El software desarrollado a partir de una nota de aplicación que nos permite visualizar las señales de interés, de manera simultánea.



Figura 1. Vista de Frente

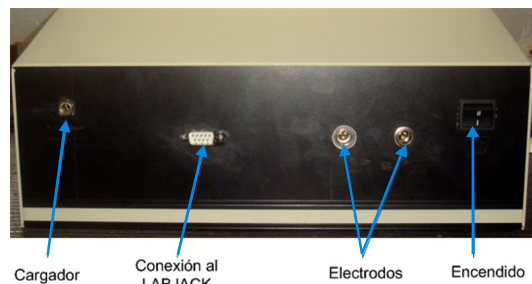


Figura 2. Vista Posterior

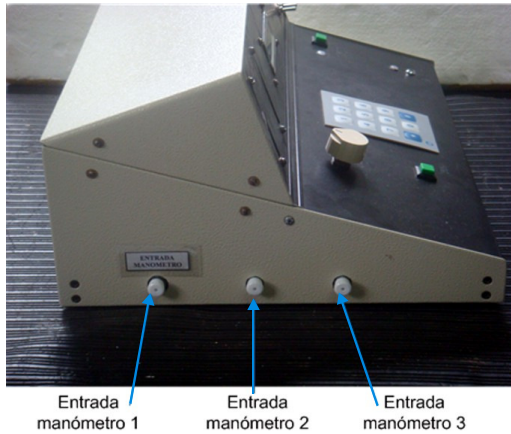


Figura 3. Vista lateral. Conexión de sensores



Figura 4. Autoglossómetro con periféricos conectados

Las Figura 5 muestran la interfaz funcionando con dos señales EMG de entrada. La Figura 6 muestra la interfaz funcionando con dos señales manométricas de entrada.

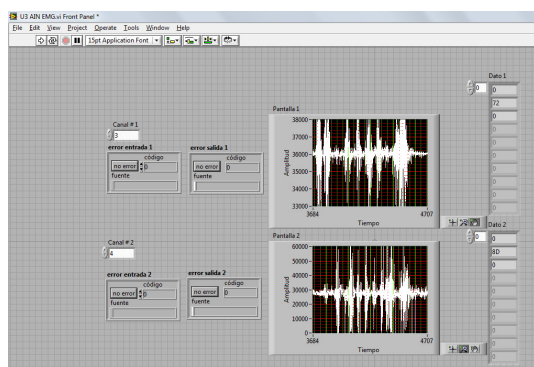


Figura 5. Interfaz para PC: 2 canales EMG o 3 canales de presión (Barofeedback)

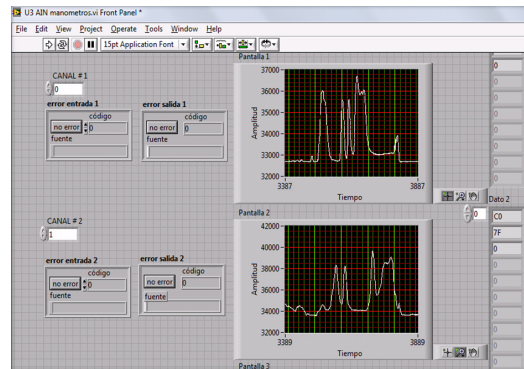


Figura 6. Señales manométricas captadas a través de la interfaz

#### IV. ESPECIFICACIONES GENERALES

Los parámetros que se tomaron para el diseño del estimulador eléctrico neuromuscular fueron los siguientes:

- Tensión de alimentación: Ventrada =5 Volt. (Batería de gel recargable 4Ah).
- Rango de salida de la fuente de alta tensión:  $40 < V_{out} < 150$  Volt.  $I_{m\acute{a}x} = 40$  mA
- Salida con pulsos simétricos con forma de onda bifásica de 300 useg de duración cada pulso.
- Rampa inicial de aproximadamente 1 segundo de duración.
- Frecuencia fija de 80 Hz.
- Intensidad ajustable. Para el modo "garganta" la corriente se limita a 25 mA máximo.
- Dos canales de estimulación secuenciales, no simultáneos.

En base a los parámetros dados la estimulación en el modo NMES consiste en trenes de pulsos bifásicos de 80 Hz. modulados en amplitud. Esta modulación genera en cada ráfaga lo que se conoce como rampa inicial de un segundo de duración y un tiempo muerto de 5 segundos. De esta forma cada ráfaga de pulsos va incrementando gradualmente su amplitud hasta llegar al valor máximo ajustado, este valor se mantiene hasta el final del tiempo de estimulación. Luego se incluye un periodo de tiempo sin aplicación de pulsos. En la Figura 7 se muestra esquemáticamente el incremento de amplitud de los pulsos. Cada valor se repetirá durante 250 milisegundos hasta alcanzar la tensión máxima ajustada.

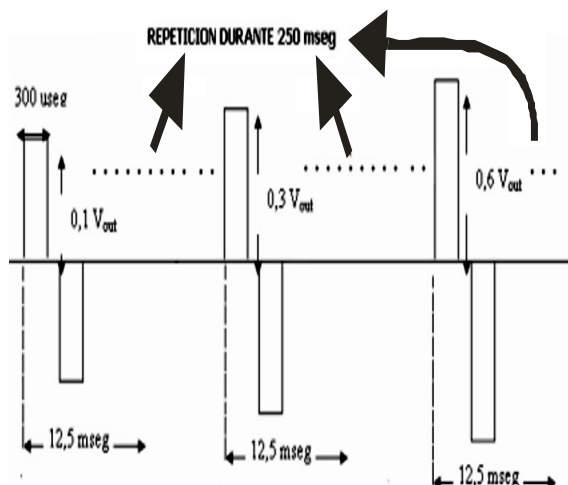


Figura 7. Tren de pulsos en la salida del estimulador: los pulsos incrementan su amplitud gradualmente hasta llegar a  $V_{out}$  Max

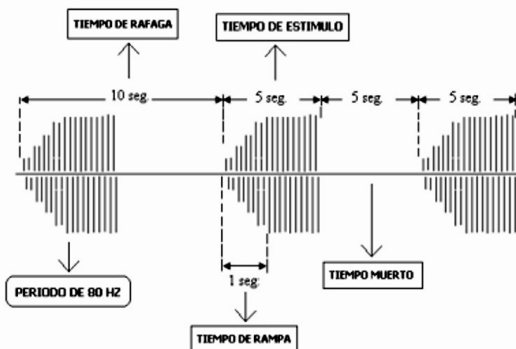


Figura 8. Ráfagas de pulsos aplicados: cada ráfaga presenta un tiempo de rampa inicial de 1 segundo, una duración activa de 5 segundos y un tiempo muerto de 5 segundos.

#### V. INTERFAZ CON EL USUARIO.

Los distintos modos de funcionamiento del Autoglosómetro, le permiten ser un aparato apto para uso en diferentes tipos de pacientes. Los operadores podrán ser enfermeros, médicos, fonoaudiólogos o distintos especialistas. Por ello, para poder ser configurado, el equipo posee una interfaz clara y de fácil manejo, que permite la programación paso a paso y el control en todo momento de sus prestaciones.

#### Visor de caracteres LCD.

Fue utilizado un visor de caracteres (display) como interfaz visual entre el aparato y el usuario. De esta manera el usuario recibe mensajes y es orientado a lo largo de la programación y operación del aparato.

#### Teclado Numérico 3x4.

Para que el software implementado capte las órdenes del usuario se utilizó un teclado numérico de tres por cuatro líneas. El usuario tiene un mensaje claro de cómo y en qué momento intervenir.

#### Perilla de control de intensidad de corriente aplicada (10 vueltas)

Dos barras de 10 leds indicadores del esfuerzo muscular (habilitadas individualmente por canal)

#### Indicador de estímulo (Led y zumbador)

#### Zumbador de frecuencia proporcional al esfuerzo

#### Interruptor general de procesos

#### Pulsador de prueba de carga de batería.

**Electrodos EMG:** 2 juegos de dos electrodos autoadhesivos y uno de referencia.

**Electrodos de estimación:** los mismos juegos de electrodos que para EMG.

**Barofeedback:** 3 canales con almohadillas hinchables de látex, en un bloque o separadas.



Figura 9. Colocación de los electrodos en la garganta para sensado: (EMG) o estimulación secuencial: (EMG-Estim) y Recompensa.

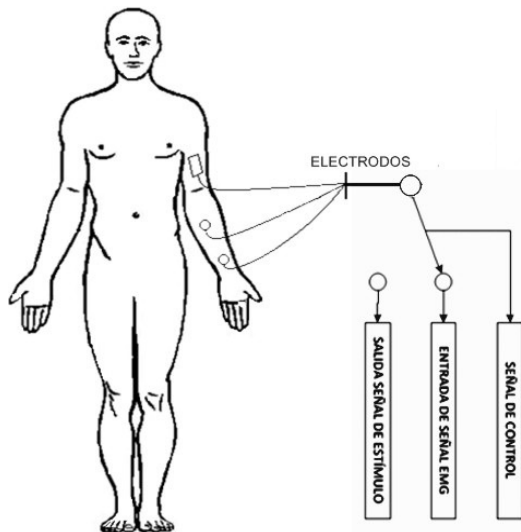


Figura 10. Colocación de los electrodos en miembro superior. Modo recompensa.

## VI. CONCLUSIONES:

Respecto al proyecto en sí, en las etapas desarrolladas en el presente trabajo se logró:

- ✓ En el modo NMES llegar a una estimulación eléctrica en donde se aplican impulsos rectangulares bifásicos simétricos con una rampa inicial tal cual había sido proyectado. Los pulsos serán mejor tolerados y producirán menos efecto irritativo en la piel que los rectangulares monofásicos.
- ✓ En el modo Baro-Stim se consiguió la integración de dos técnicas muy usadas en tratamientos para la disfagia: Estimulación eléctrica neuromuscular y manométrica. Por lo que el aparato representa una novedosa herramienta de trabajo para médicos especialistas.
- ✓ Finalmente en el modo EMG-Stim se logró mejorar el impacto que se produce en los tejidos en cada inicio de ráfaga de estimulación con lo cual este modo de funcionamiento sería mejor tolerado por los pacientes.

Como resultado del análisis, diseño y construcción, se obtuvo un prototipo denominado "AUTOGLOSOMETRO". Este prototipo debe ser ensayado en unidades hospitalarias para realizar una calibración final, de modo de poder ajustar algunos

parámetros y lograr un funcionamiento óptimo del mismo.

Además de estos resultados, se logró el entrenamiento de dos alumnos de Ingeniería, que con ello aprobaron su Trabajo Final de Carrera.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la CIC-BA el subsidio para la concreción de este proyecto y al equipo médico del Hospital Rossi de La Plata por su apoyo y asesoramiento.

## Referencias

- 1 - Schellman, J.A. *Physic Review B*, **14**, 999-1018 (1975).
- 2 - Imoto, T., L.N. Johnson, A.C.T. North, D.C. Phillips and J.A. Rupley. in "Physics", Boyers, P.D., Ed., Academic, New York (1972).
- 3 - "Disfagia. Evolución y preeducación de los trastornos de la deglución", Didier Bleeckx, (2004).
- 4 - Patente: "Treatment of oropharyngeal disorders by application of neuromuscular electrical stimulation", Pub. N° US 2004/0220645 A1, Pub. Date: Nov.4, 2004. (US).
- 5 - Información publicada por fabricantes de equipos:
  - <http://www.haynl.de/?language=eng&site=main/start>
  - <http://www.stelec.com/pdf/danmeter/Elpha%20II%203000%20Nota%20apl.0304.pdf>
  - <http://www.thoughttechnology.com/myotracin.htm>
  - [http://www.empi.com/empi\\_products/detail.aspx?id=222](http://www.empi.com/empi_products/detail.aspx?id=222)
- 6 - Trabajos Finales FI-UNLP:
  - "Nuevas Técnicas de Biofeedback para tratamiento de Discapacidad y Minusvalía". Autores: Ing. C. Lagraña e Ing. E. Yedynak. Directores: Ing. Laquidara e Ing. A. Bava
  - "Autoglosómetro". Autores: Ing. María Noguera e Ing. Nicolás Bogliacino. Directores: Ing. A. P. Laquidara y Dr. L. M. Zerbino