

El reflexímetro como herramienta para la exploración muscular masticatoria

Autores: Fernando Ángeles Medina

Adscrito al Laboratorio de Fisiología, División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología, UNAM

Alfaro P, Romero G, Osorno C

Adscritos al Departamento de Atención a la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

El sistema masticatorio se encuentra organizado a través de diversos procesos fisiológicos, desde la estimulación de los mecanorreceptores periodontales, el control de los reflejos masticatorios, la activación de las motoneuronas de los músculos mandibulares, hasta la llegada de información aferente sensorial a los núcleos mesencefálicos en la formación reticular, muchos de ellos con mecanismos fisiológicos poco claros en la sucesión funcional. De la misma forma, la modulación en el sistema nervioso central y la retroalimentación necesaria que dispara los mecanismos de control y protección de las estructuras en diversas condiciones no es del todo clara y, por lo tanto, es necesario el estudio de cada uno de los procesos involucrados.

Existen diferentes condiciones que ponen en riesgo el equilibrio masticatorio, tal es el caso de los alimentos duros que necesitan fraccionarse para ser deglutidos, por lo que los dientes ejercen una fuerza importante que sin mecanismos de control y compensación lesionarían los dientes, los tejidos de sostén, la lengua, la articulación temporomandibular (ATM).

Si bien los mecanismos de control no son del todo conocidos, la exploración de los reflejos masticatorios ha sido de gran utilidad para establecer los fundamentos para el entendimiento de muchos de los procesos mencionados. En este trabajo se revisa el reflejo inhibitorio masetérico, los elementos técnicos y diseño del reflexímetro, así como los resultados de su aplicación clínica en diferentes reportes de investigación desde 1981 a la fecha.

Reflejo inhibitorio

En 1972, Bickford propuso el nombre de microrreflejos para las respuestas automáticas que ocurren sobre una actividad motora de fondo y que exhiben una fuerte dependencia respecto de tal actividad. Este es el caso del reflejo inhibitorio en los músculos abductores de la mano descrito por Angle y sus colaboradores (1965).

En la masticación existe un reflejo inhibitorio que actúa cuando mordemos y quebramos con fuerza un trozo de alimento duro; se enfrenta una gran fuerza muscular contra solamente el peso de la mandíbula (aproximadamente 500 g), lo que puede provocar que la mandíbula adquiera una gran velocidad y que los dientes inferiores choquen con los superiores con violencia suficiente como para fracturarlos.

Dada la corta distancia y la alta velocidad involucrada, el tiempo disponible para un frenado voluntario resultaría insuficiente; esto no ocurre gracias a la intervención del reflejo inhibitorio, que actúa bloqueando la actividad motora de los músculos elevadores de la mandíbula ante la llegada repentina de información aferente. Esto implica que si el reflejo existe para prevenir situaciones de esfuerzo muscular innecesario, entonces estaría perturbado en el bruxismo o en la disfunción articular temporomandibular.

El reflejo durante la masticación (experimentalmente) puede provocarse golpeando un diente o el mentón en sentido ascendente mientras el paciente realiza un esfuerzo oclusivo (condición de fondo). Se trata de una respuesta que modula una actividad motora preexistente, por lo que sus características dependen de dicha condición.

Bessete y sus colaboradores (1973) observaron que el periodo silente evocado dentro del electromiograma al aplicar un golpe al mentón durante la realización de un esfuerzo oclusivo, aparece alterado en los pacientes con disfunción articular temporomandibular. Desde entonces se han realizado diversos trabajos que utilizan la medición del periodo silente reflejo como un criterio cuantitativo que apoye al diagnóstico y permita evaluar la respuesta al tratamiento (Bates, 1984).

Godaux y Desmendt (1975) introducen para el estudio de este tipo de reflejos la técnica de promediación propuesta por Bickford (1964), enfatizando el hecho de que el reflejo no consiste únicamente en una inhibición, sino que incluye también componentes más tardíos, unos de potenciación y otros de nueva inhibición alternados y de amplitud cada vez menor. Van der Glas y Van Steenberghe (1985) retomaron estos estudios y lograron obtener una alta reproducibilidad de los resultados, pero restringieron la estimulación evocadora del reflejo a un golpe muy suave sobre un solo diente.

Refleximetría

Tradicionalmente los reflejos han sido explorados en la clínica de manera subjetiva; la exploración se dirige a detectar lesiones de las vías nerviosas involucradas en la regulación de las funciones motoras con las cuales dichos reflejos contribuyen. Su exploración sirve para poder predecir las respuestas del sistema ante diversas circunstancias. Con el resultado de la exploración clínica se aprecia la existen-

cia, exaltación o ausencia de los reflejos. Sin embargo, si se desea una discriminación precisa, es necesario medir simultáneamente tanto el estímulo como la respuesta. Dado que el reflejo ocurre en un entorno de actividad sensorial y motora, su evocación debe aproximarse lo más posible a una misma condición clínica de fondo; por ejemplo, sentar a los pacientes en la misma posición, hacerlos mirar y escuchar idénticos patrones, efectuar las mismas rutinas de relajación.

Además, debe verificarse objetivamente que la condición de fondo sea similar, lo cual implica registrar variables fisiológicas que informen acerca de este fondo, por ejemplo, el EMG de músculos agonistas y antagonistas. La respuesta puede registrarse por medio de la fuerza desarrollada, el desplazamiento logrado, o bien, por la señal electromiográfica (EMG) producida a nivel del músculo activado.

El estímulo debe ser generado por un percutor automático que golpee siempre con el mismo impulso mecánico; además, debe producir una señal de sincronía que permita medir las latencias de los componentes del reflejo. Dado lo complejo de la actividad nerviosa, carece de sentido efectuar una sola determinación, de modo que es necesario realizar varias repeticiones y analizar estadísticamente los resultados.

Por medio de una computadora se controla la obtención, se almacenan los resultados, para más tarde procesarlos y elaborar un reporte numérico o gráfico que sea fácilmente interpretable y comparable. Este registro constituye el EMG, que es una herramienta objetiva e inocua para medir y analizar la ocurrencia del reflejo.

Diseño del reflexímetro

En México, a partir de 1987 nuestro grupo comenzó a utilizar el golpe al mentón como estímulo, manteniendo las características de los experimentos que habían destacado sólo en el periodo silente. Al principio se observó gran variabilidad entre los registros obtenidos en un mismo paciente y durante una misma sesión, por lo que se consideró que la condición de fondo (esfuerzo oclusivo) debía mantenerse dentro de un rango o nivel prefijado; para lograrlo, se estimó que el paciente debía controlar su esfuerzo mientras observaba el resultado y la desviación de dicho esfuerzo respecto a lo deseado. Para ello se introdujo la técnica de biorretroalimentación, que consiste en informar al paciente ▶

acerca del resultado actual de su esfuerzo, de tal manera que él mismo lo modifique dentro del rango determinado. Este equipo se probó en 50 jóvenes voluntarios sanos sin disfunción de la articulación temporomandibular y con una relación dental normal; se obtuvieron buenos resultados en cuanto a disminuir la variabilidad.

Los registros sucesivos en una misma sesión, realizando esfuerzos iguales, se denominaron réplicas electromiográficas, de modo que teníamos una señal por cada réplica. Como lo que interesaba era la existencia de la actividad motora y no el detalle aleatorio del EMG, cada réplica se rectificó.

Aun rectificadas, las réplicas no resultan idénticas, lo que hizo necesario calcular un promedio y una dispersión en torno al mismo. Como usamos conversión analógica a digital para introducir el registro a la computadora, dispusimos de una lista de valores correspondientes a muestras de la señal EMG espaciadas por intervalos iguales de tiempo, por lo que el promedio y la variabilidad se calcularon con base en los valores obtenidos para un mismo intervalo en las sucesivas réplicas; al final contamos con un promedio y una varianza para cada parte de la señal. El promedio también implicó sumar los valores de muestras de cada nueva réplica con los valores acumulados previamente para cada uno de los intervalos de tiempo, de modo que a medida que se acumularon las réplicas se definió la tendencia y la dispersión de los valores de la señal. Esto permitió separar lo que ocurre sistemáticamente en la señal EMG de aquello que sucede de manera accidental.

El registro acumulado exhibió un intervalo, previo al golpe (durante el esfuerzo oclusivo voluntario), en el cual los puntos variaron mucho entre las réplicas, sin embargo, después del golpe apareció una clara reducción de la variación entre réplicas porque todos los registros contenían una gran onda de inhibición (periodo silente) con una duración mayor de 30 min. Después de la inhibición se delineó una onda de potenciación sin concordancia entre las réplicas y, finalmente, al regresar al nivel basal (después de 150 min), reapareció la variación inicial entre réplicas.

Lo anterior mostraba que se contaba con una señal constituida por ondas amplias y lentas mezclada con ruido aleatorio; para eliminar el ruido se usó un filtro que terminó con las variaciones rápidas. El resultado fue denominado reflexigrama (RFXG), en el que se observó un trazo definido

de la señal obtenida al golpe, de la onda inhibitoria, de la onda potenciadora y del retorno al nivel basal.

Medición del reflexigrama

En virtud de que se trata de un reflejo inhibitorio durante la caracterización del registro del mismo, la onda inicial de inhibición es más amplia y prolongada, además de que tiene un curso temporal característico que alcanza el nivel de reposo absoluto alrededor de los 40 min.

Cuando existe alteración funcional, la onda de inhibición comienza a reducirse en amplitud, y el área que abarca hasta su pico aparece muy reducida respecto a lo normal. De modo que un indicador de anormalidad está constituido por el porcentaje de área faltante en la onda inhibitoria, desde el inicio hasta su pico a los 40 min.

Otro de los parámetros es la onda de potenciación, la cual es menos amplia y termina antes de los 140 min; por lo tanto, la relación entre el área de potenciación y la de inhibición se denomina razón de áreas. En los pacientes con bruxismo y con disfunción articular moderada existe una exageración de la potenciación y por ello dicha relación de áreas potenciación/inhibición está aumentada. Asimismo, con este mismo programa podemos realizar el análisis computacional que se denomina coeficiente de correlación y que indica la relación temporal del evento registrado en el lado derecho con respecto al lado izquierdo.

El análisis de la variación en la morfología del RFXG de un paciente en relación con la tendencia previa, puede representar un criterio valioso para calificar la evolución clínica. El proceso descrito permitió la estandarización del diseño y construcción del reflexímetro con las siguientes características: el EMG masetérico bilateral se captura con electrodos de superficie conectados a un sistema analógico de amplificación (4x10,000) de dos canales controlados y calibrados digitalmente desde una computadora con interruptores analógicos (chips As 4051), con ancho de banda fijo (10 a 1000 Hz, 30 MB). La señal EMG, una vez amplificada y filtrada, se digitaliza con 8 bits de resolución a 300 segmentos por segundo (sps), utilizando para ello un convertidor (ADC0809) controlado por un chip contador de tiempo 280-CTC, programado por una nanocomputadora.

Las réplicas EMG de cada individuo se almacenan en un sistema buffer circular de 1.6 KB (350 min de EMG bilateral) en la memoria de trabajo de una computadora conven-

cional. En un tercer canal analógico se integra la señal EMG con una constante de 10 min para activar el dispositivo de biorretroalimentación visual que tiene por objeto autorregular la intensidad de la contracción muscular entre 40 y 60% de su intensidad voluntaria máxima; al mantenerse esta condición, la nanocomputadora activa un mecanismo estimulador que consiste en un ligero golpe al mentón (fuerza=2 Newtons, velocidad=1.9 m/s) aplicado con un martillo electromecánico. Se capturan muestras de EMG de 80 min previos al estímulo (EMG de esfuerzo oclusivo voluntario) y 264 min posteriores a él (EMG reflejo). Las señales de cada réplica EMG se rectifican, acumulan y promedian de manera que el coeficiente de variación sea menor a 10%. El reflexímetro es propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2001). *OC*

Bibliografía

- Alfaro P, González H, Ángeles F, Nuño A, Osorno C, García J, Galicia A. Control de la fuerza de mordida en pacientes con parálisis cerebral y con disfunción de la articulación temporomandibular. *Medicina Oral* 1999; 2:53-67.
- Alfaro P, González H, Sánchez J, Nuño A, Ángeles F. Reflejo inhibitorio maseterico y condiciones clínicas estomatológicas en pacientes con parálisis cerebral. *Arch Neurocién (Mex)* 1999;4(4):175-182.
- Alfaro P, Osorno C, Leiva F, Medina A, López H, Nuño A, Ángeles F, Ramírez J. Modelos de correlación entre condiciones clínicas con los cambios observados en el reflejo inhibitorio maseterico durante el tratamiento de ortodoncia con arco de alambre de nitinol. *Revista de la Investigación Clínica, UAM-X* 2000;1(1): 17-24.
- Alfaro P, Osorno C, Nuño A, Ángeles F. El reflejo inhibitorio maseterico en niños y adultos sanos, parálisis cerebral y disfunción de la articulación temporomandibular. *Archivos de Neurociencias* 2002;7(3): 136-141.
- Alfaro P, Osorno C, Nuño A, Leiva F, Ángeles F. Efectos del tratamiento de ortodoncia sobre el reflejo inhibitorio del músculo masetero. *Revista de Investigación Clínica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán*, 2003;55(3):289-296.
- Alfaro P, Osorno C, Romero G. Evaluación neuromuscular masticatoria. *Revista de Ciencias Clínicas* 2000; 4(1):41-51.
- Angel R, Epler, W, Iannone A. Silent period produced by unloading of muscle during voluntary contraction. *J Physiol*, 1965;180:864.
- Ángeles F, Bonilla M, García C, Rey R, García J, Llanos R, Méndez J, Nuño L. Análisis electromiográfico de los músculos maseteros para mejorar la reproducibilidad del periodo silente con fines de diagnóstico clínico. *Rev Fac de Odontología UNAM*, 1987;2(1):4-14.
- Ángeles F, García C, Alatorre E, Llanos R, García J, Bonilla M. Click and tap- evoked complete masseteric EMG responses. *J Dent Res* 1989; 68:226.
- Ángeles F, López S, Alfaro P, García C, Galicia A, Vázquez V, García J, Rodríguez M, Nuño A, Sánchez W, González H. Cambios del Reflexímetro inhibitorio maseterico en situaciones de interés clínico. *Rev Col Nal de Cir Dent (Mex)*, 1994;1(1):17-25.
- Ángeles F, Nuño A, Alfaro P, Osorno C. Development and application of reflexometer in the quantitative functional evaluation of chewing control in patients with temporomandibular joint dysfunction and a control group. *Archives of Medical Research*, 2000; 31(2):197-201.
- Ángeles F, Romero M. *Dolor orofacial y desórdenes temporomandibulares*. Ed. Trillas 2005.
- Ángeles F, García M, García R, Del Bosque P, González H, González C. Refleximetría oclusal: una nueva herramienta para la evaluación de la funcionalidad masticatoria. Descripción general del método y sus aplicaciones. *Práctica Odontológica*, 1992;13(12):17-23.
- Ángeles F, Torrano H. *Actividad electromiográfica de los músculos maseteros en pacientes edéntulos*. Quintaesencia en español, Chicago, Ill, 1981;3(10):4-10.
- Ángeles F. Análisis electromiográfico de los músculos maseteros para mejorar la reproducibilidad del periodo silente con fines de diagnóstico clínico. *Rev Fac de Odontol*, 1987;2 (1):4-14.
- Bates B, Bonder L. Ageing and oral motor function: evidence for altered performance among older persons. *J Dental Res* 1984;62:2.
- Bessette R, Bishop B, Mohl N. Duration of masseteric silent period in patients with TMJ syndrome. *J Appl Physiol*, 1971;216:864-869.
- Bessette R. Effect of biting force on the duration of the masseteric silent period. *J Dental Res* 1973;52:426.
- Bickford R, Jacobson J, Cody. Nature of average evoked potentials to sound and other stimuli in man. *Annals New York Acad Sc*, 1964;112:204.
- Bickford R. Physiological and clinic studies of micro-reflexes. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 1972;31(suppl) 1:93-108.
- Bonilla M, Ángeles F, García C, Alatorre M, García J, Llanos R. Inducción auditiva del periodo silente en la electromiografía del masetero. *Rev Mex de Ingeniería Biomédica*, 1987; 8:303-316.
- Bonilla M, Ángeles F, García C, Nuño L. *Estudio neurológico computarizado en paralelo a varios niveles para evaluar la masticación. XXX años de la computación en la UNAM*, 1988; vol 2.
- De Laat A, Van der Glas H, Weytjens J, Van Steenberghe D. The masseteric post-stimulus electromyographic complex in people with dysfunction of the mandibular joint. *Arch Oral Biol*, 1985;30:177-180.
- García C, Ángeles F, García J, Nuño A. Reflexímetro computarizado para consultorio odontológico. *Rev Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 1990;11(1): 257-273.
- García C, Ángeles F, García J, Nuño A, Llanos N. Primeros resultados clínicos sobre reflexometría masticatoria. *Rev Mex Ing Biomed*, 1987;10:35.
- García C, Ángeles F, González H, Nuño A, García J, Galicia A, Rodríguez M. Improved automatized recording of masticatory reflexes through analysis of effort trajectory during biofeedback. *Medical Progress Through Technology*, 1994;20:63-73.
- García C, García J, Ángeles F, Llanos R, Bonilla M, Alatorre Miguel E, Ortiz B. Normalización del estudio de microrreflejos en electromiografía masticatoria. *Rev Mex Ing Biomed*, 1988;9:113-120.
- Geddes L, Baker L. *Principles of applied biomedical instrumentation*, 3ª. Ed., Wiley-Intersc (New York), 1989.
- Godaux E, Desmedt J. Exteroceptive suppresion and motor control of masseter and temporalis muscle in normal man. *Brain Res* 1975; 85:447-458.
- Kandel E, Schwartz J. *Principles of neural Science*. Ed. Elsiever (New York) 2000.
- Nuño A, Cavazos E, Ángeles F. Electromyographic changes resulting from orthodontic correction of class III maloclusión. *Internatinal Journal of Pediatric Dentistry*, 1993; 3:71-75.
- Osorno C, Alfaro P, Nuño A, Ángeles F. Diferencias entre los componentes tempranos del reflejo inhibitorio maseterico en niños y adultos jóvenes sanos. *Práctica Odontológica* 2001;22(1): 8-12.
- Osorno C, Alfaro P, Nuño A, Ángeles F. Descripción y correlación de los componentes del reflejo inhibitorio maseterico en niños sanos. *Temas Selectos de Investigación Clínica V, UAM-X*, 1999:53-62.
- Ramfjord S, Ash M. *Occlusion* 3ª Ed., Saunders Philadelphia, 1985.
- Sharav Y, Tal M. Masseter inhibitory periods and sensation evoked by electrical tooth-pulp stimulation in subjects under hipnotic anesthesia. *Brain Res* 1989;479:247-259.
- Van der Glas H, De Laat A, Van Steenberghe D. Oral pressure receptors mediate a series of inhibitory and excitatory periods in the masseteric post-stimulus EMG complex following tapping of tooth in man. *Brain Res* 1985;337:117-125.
- Van der Glas H, Van Steenberghe D. Comments on standardization of reflex measurements in humans masseter muscle, including silent period. *J Oral Rehabil*, 1989;16:549-554.
- Van der Glas H., Steenberghe D. Computer based analysis of electromiography. *Clin Neurophysiol* 1981;21:627-641.
- Vázquez V, Sánchez W, García C, Ángeles F, González H, García J, Rodríguez M, Nuño A. Exploración funcional masticatoria para predecir y superar la respuesta a prótesis totales. *Rev Mex Ing Biomédica*, 1993;14(2):357-368.
- Zulqarnain B, Furuya R, Hedegar B, Magnusson T. The silent period in the masseter and the anterior temporalis musdes in adult patients with mild or moderate mandibular dysfunction symptoms. *J Oral Rehabil*, 1989;16:127-137.