



# Equilibrio neuromuscular electromiográfico de los músculos maseteros producido por el uso de férula oclusal

Claudia Ivonne Rodríguez Castañeda,\* Marcelo Kreiner,<sup>§</sup> Luis Ignacio Fernández Rey,<sup>§</sup> Eduardo Fulgencio Llamosas Hernández,<sup>||</sup> Fernando Ángeles Medina\*

\* Laboratorio de Fisiología, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>§</sup> Cátedra de Fisiología General y Bucodental, Facultad de Odontología. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>||</sup> Especialidad en Ortodoncia, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

## RESUMEN

**Introducción:** El equilibrio neuromuscular consiste en la coordinación muscular dinámica entre la relación y la actividad de los músculos masticatorios. La férula oclusal tiene como objetivo principal producir una posición mandibular estable y reproducible.

**Objetivo:** Analizar posibles variaciones en el equilibrio neuromuscular con base en los registros electromiográficos de los músculos maseteros previos y posteriores al uso de férula oclusal en pacientes con malposiciones dentarias. **Materiales y métodos:** Se siguió una cohorte de 52 pacientes provenientes de dos clínicas odontológicas durante el periodo de agosto a diciembre de 2018, mediante un muestreo a conveniencia se realizó el examen clínico general, regional y local. Se realizó el análisis cefalométrico de las radiografías laterales de cráneo y la evaluación de la electromiografía mediante programas específicos, además de la elaboración y colocación de férulas oclusales fisiológicas. Se realizó un análisis bivariado [ $\chi^2$  y regresión lineal, rangos de Wilcoxon (STATA)].

**Resultados:** La media de edad fue 22 años, 75% correspondió al género femenino y al tipo de maloclusión esquelética clase II (48%). El uso de férula provocó una disminución en las diferencias RMS de 27 (59%) y un aumento en 19 (41%) pacientes. La significancia asintótica del análisis determinó una diferencia significativa en la variación de la diferencia de RMS y en el índice de asimetría muscular previa y posterior al uso de férula. Con base en el estadístico de contraste ( $p < 0.05$ ) no existe evidencia suficiente para este conjunto de datos respecto a que las diferencias de RMS y del índice de asimetría muscular dependen del uso de férula. **Conclusiones:** Cualquier tratamiento dental es complejo debido a que altera la función del sistema estomatognático y estos cambios influyen en la actividad muscular, mismos que deberían

considerarse correctos posterior a ser evaluados mediante patrones fisiológicos de actividad muscular.

**Palabras clave:** Equilibrio neuromuscular, férula oclusal, músculos maseteros.

## INTRODUCCIÓN

La férula oclusal tiene como principal objetivo producir una posición mandibular estable y reproducible, la cual no esté determinada por los contactos dentarios ya establecidos.<sup>1</sup> El equilibrio neuromuscular (EN) es la coordinación muscular dinámica entre la relación y la actividad de los músculos masticatorios. Define la dinámica de la postura mandibular para prevenir lesiones relacionadas con las fuerzas de masticación y el adecuado desempeño de los músculos en sus diferentes funciones (deglución, fonación, respiración, masticación, postura mandibular, etcétera).<sup>2</sup>

El rendimiento funcional es indicador para determinar el equilibrio neuromuscular. Trabajos recientes definen asimetría de la fuerza del músculo cuando ésta equivale a más de 15% del déficit en comparación con el mismo músculo del lado contrario.<sup>3</sup> Para cuantificar la diferencia de actividad en una contracción isométrica de un músculo bilateral se utiliza el índice de asimetría (IA), se estima al sustraer la actividad unilateral de la contralateral y se divide por la suma de ambas actividades.<sup>4</sup> En este sentido la electromiografía (EMG) facilita la valoración grupal o individual de los músculos de la masticación.<sup>5</sup> La EMG es una prueba de tamizaje diagnóstico para detectar alteraciones musculares con base en el patrón de la actividad eléctrica.

El objetivo de este estudio es analizar posibles variaciones en el equilibrio neuromuscular con base en los registros electromiográficos de los músculos ma-

Recibido: Mayo 2020. Aceptado: Enero 2021.

**Citar como:** Rodríguez CCI, Kreiner M, Fernández RLI, Llamosas HEF, Ángeles MF. Equilibrio neuromuscular electromiográfico de los músculos maseteros producido por el uso de férula oclusal. Rev Odont Mex. 2021; 25 (1): 35-44.

© 2021 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

[www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam](http://www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam)

seteros previos y posteriores al uso de férula oclusal en pacientes con malposiciones dentarias.

## MATERIAL Y MÉTODOS

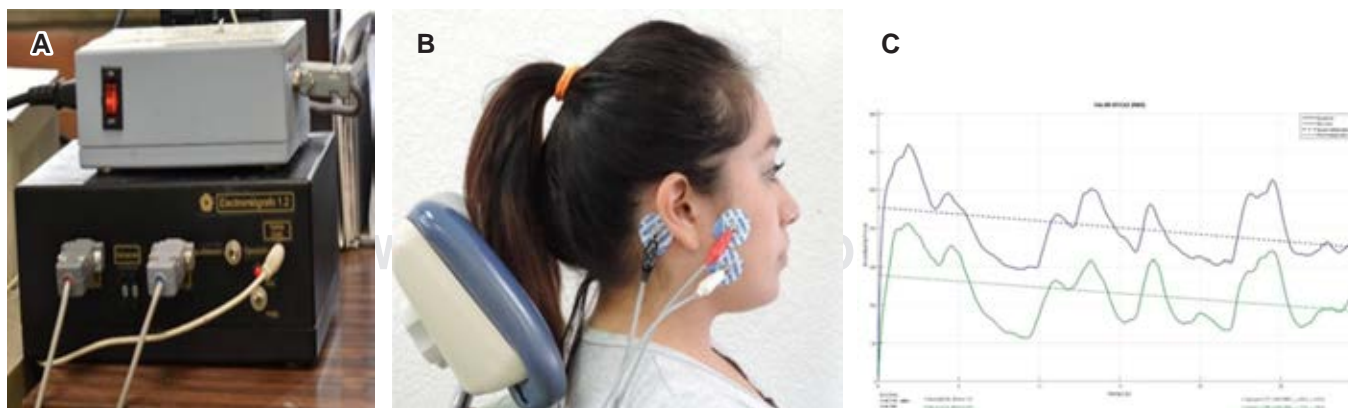
El presente estudio siguió una cohorte de 52 pacientes provenientes de la Clínica de Ortodoncia División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, y de la Clínica Odontológica Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México durante el periodo de agosto a diciembre de 2018. Se incluyeron pacientes con malposiciones dentarias sin previo tratamiento ortodóntico y/o uso de férula y con dentición permanente. Se excluyeron pacientes que presentaban arcos parcialmente desdentados con problemas periodontales, tratamientos protésicos, implantológicos o quirúrgicos, con discapacidades neurológicas o sensoriales aparentes, bruxismo o artritis reumatoide y con indicación médica de consumo de fármacos miorrelajantes. El estudio fue realizado en el Laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México en conjunto con el Laboratorio de Fisiología de la Universidad de la República, Uruguay.

Se realizó un muestreo a conveniencia. Luego de incluidos se realizó el examen clínico general, regional y local. El análisis cefalométrico de las radiografías laterales de cráneo se realizó con el programa JOE®. El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Asimismo, todos los parti-

cipantes firmaron un consentimiento escrito previo al ingreso al estudio. El sistema de registro (hardware y software) que se utilizó para la evaluación de la electromiografía fue diseñado, evaluado y patentado por investigadores de CU-UNAM y del CINVESTAV-IPN en el Laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el nombre de electromiógrafo 1.2 UNAM-CINVESTAV (Figura 1).<sup>6</sup> Se estandarizó el método clínico de registro electromiográfico, obteniéndose un coeficiente de correlación intraclase interoperador de 0.73 y coeficiente de correlación intraclase intraoperador de 0.84.

El registro de la raíz cuadrática media (Root Mean Square [RMS]) se realiza en máxima intercuspidación y se reporta en microvoltios por segundo ( $\mu\text{V/s}$ ) (Figura 1).

El registro se realizó con el paciente sentado en la Unidad Dental, se limpió el área del músculo masetero con una torunda de algodón y alcohol con el fin de que el electrodo tenga mayor adhesión y la señal menos ruido. Se colocaron tres electrodos de ECG adhesivos conductivos Kendall™ Medi-trace®100 de cada lado. El primero se colocó en el origen del músculo que es el arco cigomático y el segundo en la inserción del músculo justamente en el ángulo de la mandíbula, el tercer electrodo se colocó en la parte posterior en la apófisis mastoidea. (Figura 1). La actividad eléctrica se registró en dos momentos diferentes. La primera grabación (registro basal) ocurrió durante el examen inicial antes del uso de la férula oclusal fisiológica. Después de este procedimiento la férula oclusal se colocó y posterior a dos meses de uso de férula, los



**Figura 1:** Grabación experimental para obtener el electromiograma. **A)** Electromiógrafo UNAM-CINVESTAV, **B)** colocación de electrodos, **C)** registro EMG lateral derecho e izquierdo (RMS).

*Experimental recording to obtain the electromyogram. A) UNAM-CINVESTAV electromyograph, B) electrode placement, C) right and left side EMG recording (RMS).*

pacientes regresaron para una reevaluación de la actividad eléctrica (registro final), manteniendo los mismos criterios utilizados para el primero. El análisis de las grabaciones de EMG en la MI se obtuvo durante 30 segundos, medido en microvoltios ( $\mu\text{V}$ ).

**Técnica para la elaboración de la férula oclusal fisiológica:** se realiza con ayuda de una máquina termoplástica de vacío, primero se colocó una lámina de acetato calibre .060" y el segundo acetato fue de un calibre .080". Se recortó sobre la parte media de todos los dientes superiores. El rebase se realizó con acrílico autopolimerizable sobre la superficie oclusal de la férula nivelando la cantidad de material. Se hizo un ajuste oclusal y se verificó la dimensión de la férula (desoclusión interdental) y que no interfiera en ningún movimiento mandibular.

Las indicaciones de uso de la férula oclusal fisiológica fueron las mismas para todos los pacientes: usar las 24 horas del día, se retira sólo para comer y lavarse los dientes, se lava con jabón neutro líquido para manos sin tallarse.

**Variables de estudio:** las variables dependientes fueron estimadas con base en el valor electromiográfico de RMS (diferencia RMS basal y final, equilibrio neuromuscular, índice de simetría basal y final).

La diferencia RMS se obtuvo restando los valores de RMS del músculo masetero derecho al RMS del músculo masetero izquierdo obtenidos durante el primer registro (basal) y la diferencia RMS final se estimó con el mismo proceso, pero con los valores de RMS obtenidos posterior a dos meses de uso de férula oclusal fisiológica de cada paciente.

El equilibrio neuromuscular fue dicotómicamente determinado (1 = disminuyó 2 = aumentó) mediante el comportamiento de la diferencia RMS basal comparada con la diferencia RMS final, asumiendo que la disminución de la diferencia electromiográfica entre los músculos maseteros posterior a dos meses de uso de férula oclusal se obtiene con presencia de equilibrio neuromuscular.

El índice de asimetría de la actividad muscular fue determinado para cada individuo por medio de la ecuación propuesta por Naeije, McCarrol y Weijs.<sup>7</sup>

$$\text{Índice de asimetría} = \frac{[(\text{RMS derecho} - \text{RMS izquierdo})]}{[(\text{RMS derecho} + \text{RMS izquierdo})]} \times 100$$

**Variables independientes:** maloclusión esquelética (clase I, clase II y clase III), y biotipo facial (dolicofacial, mesofacial y braquifacial).

Las variables confusoras fueron: dolor facial y artritis reumatoide, ambas determinadas dicotómicamente (presencia y ausencia por autorreporte) y el índice de

masa corporal (IMC), categorizado (bajo peso, peso normal, sobrepeso).

**Análisis estadístico:** el análisis estadístico fue realizado con el programa *Statistical Software for Data Science* (STATA), versión 14, plataforma Windows. Se realizó análisis bivariado ( $\chi^2$  y regresión lineal de acuerdo a la naturalidad de las variables independientes) para determinar la relación y distribución de equilibrio neuromuscular. Mediante la prueba no paramétrica suma de rangos de Wilcoxon se analizó el cambio en las variables de respuesta. Diferencias de RMS (basal y final) e índices de asimetría muscular (basal y final) producidos por el efecto de la terapia de desprogramación. Para todos los test de este estudio se adoptó un nivel de significancia alfa de 5% ( $p = 0.05$ ) estableciendo así la probabilidad de error máximo para rechazar la hipótesis nula de  $H_0$ .

## RESULTADOS

La media de edad fue de 22 años, 75% de la muestra fueron mujeres, el tipo de maloclusión esquelética clase II (48%) fue el más frecuente al igual que el biotipo facial de tipo dolicofacial (67%), 54% de los pacientes no refirió padecer de dolor facial y 67% presentaron un IMC normal.

La actividad eléctrica neuromuscular antes del uso de férula fue de 190  $\mu\text{V}$  de los músculos maseteros derechos y de 148  $\mu\text{V}$  de los izquierdos. Y posterior a dos meses de uso de la férula oclusal fue de 173.5  $\mu\text{V}$  de los músculos maseteros derechos y de 146  $\mu\text{V}$  de los izquierdos.

Se estimaron las diferencias de RMS de los músculos maseteros; la mediana y rango intercuartil en la diferencia de RMS basal fue de [42.00  $\mu\text{V}$  (1-60)] y la diferencia de RMS final fue de (26.4  $\mu\text{V}$  (0.9-60) (*Tabla 1*). Cuatro pacientes no completaron el estudio en tiempo y forma.

Se determinó el equilibrio neuromuscular asumiendo que disminuye la diferencia de actividad electromiográfica. El uso de férula provocó una disminución en las diferencias de RMS de 27 (59%) pacientes y un aumento en 19 (41%) pacientes.

El índice de asimetría muscular estima un resultado porcentual, es por eso que la magnitud es menor en comparación con la diferencia de RMS; sin embargo, el comportamiento es similar (*Tabla 1*).

El análisis bivariado determinó que por cada año que aumenta la edad, el equilibrio neuromuscular disminuye 0.014  $\mu\text{V}$  (*Tabla 2*).

Los pacientes que presentaron un efecto contrario (aumento en la diferencia de RMS) neuromuscular con el uso de la férula oclusal fueron los pacientes con ma-

**Tabla 1: Análisis descriptivo de las variables electromiográficas estimadas: diferencias en RMS e índice de asimetría muscular.**

Informa el valor medio, el rango intercuartílico y el valor mínimo y máximo antes y después del uso de la férula.

**Descriptive analysis of the estimated electromyographic variables: Differences in RMS and Muscle Asymmetry Index.**

It reports the mean value, interquartile range and the minimum and maximum value before and after splint use.

Variable	Obs	Mediana	RIC	Mínimo	Máximo
Diferencias RMS basal	50	43.55 $\mu$ V	1 – 60 $\mu$ V	153 $\mu$ V	226 $\mu$ V
Índice de asimetría basal	50	3.14 $\mu$ V	-7.58 – 19.08 $\mu$ V	31.80 $\mu$ V	60.51 $\mu$ V
Diferencia RMS final	46	26.4 $\mu$ V	0.9 – 60 $\mu$ V	120 $\mu$ V	212.6 $\mu$ V
Índice de asimetría final	46	4.08 $\mu$ V	10.16 – 17.75 $\mu$ V	37.53 $\mu$ V	84.56 $\mu$ V

RMS = Root Mean Square; obs = observaciones; RIC = rango intercuartílico.

**Tabla 2: Análisis bivariado para determinar el equilibrio neuromuscular según las características clínicas (edad, sexo, maloclusión esquelética, biotipo facial, dolor miofacial e IMC) medido antes del uso de férulas en todos los pacientes (N = 52).**

*Bivariate analysis to determine neuromuscular balance according to the clinical characteristics (age, sex, skeletal malocclusion, facial biotype, myofacial pain and BMI) measured before splint use in all patients (N = 52).*

		Equilibrio neuromuscular		
		Coef (IC)	p (< 0.05)	
		-0.014 (-0.04-0.01)	0.375*	
Edad (años)	n (%)	Disminuye n (%)	Aumenta n (%)	p (< 0.05)
<b>Sexo</b>				
Hombres	13 $\mu$ V (25)	9 $\mu$ V (19)	2 $\mu$ V (4)	
Mujeres	39 $\mu$ V (75)	18 $\mu$ V (39)	17 $\mu$ V (19)	0.074 <sup>‡§</sup>
<b>Maloclusión esquelética</b>				
Clase I	12 $\mu$ V (23)	4 $\mu$ V (9)	6 $\mu$ V (13)	
Clase II	27 $\mu$ V (48)	16 $\mu$ V (35)	9 $\mu$ V (19)	0.398 <sup>‡§</sup>
Clase III	13 $\mu$ V (25)	7 $\mu$ V (19)	4 $\mu$ V (9)	
<b>Biotipo facial</b>				
Dolicofacial	35 $\mu$ V (67)	18 $\mu$ V (39)	12 $\mu$ V (26)	
Mesofacial	7 $\mu$ V (13)	3 $\mu$ V (6)	4 $\mu$ V (9)	0.612 <sup>‡§</sup>
Braquifacial	10 $\mu$ V (19)	6 $\mu$ V (13)	3 $\mu$ V (7)	
<b>Dolor miofascial</b>				
Sí	24 $\mu$ V (46)	13 $\mu$ V (28)	9 $\mu$ V (19)	
No	28 $\mu$ V (54)	14 $\mu$ V (30)	10 $\mu$ V (22)	0.958 <sup>‡§</sup>
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>				
Bajo peso	8 $\mu$ V (16)	2 $\mu$ V (4)	2 $\mu$ V (4)	0.622 <sup>‡§</sup>
Normal	35 $\mu$ V (67)	20 $\mu$ V (43)	12 $\mu$ V (26)	
Sobrepeso	9 $\mu$ V (17)	5 $\mu$ V (11)	4 $\mu$ V (9)	

\* Regresión lineal. †  $\chi^2$ . § Escala de Fisher.

www.medigraphic.org.mx

oclusión esquelética clase II (19%), pacientes que no refirieron padecer de dolor facial (22%) y los pacientes que presentaron un índice de masa normal (26%).

La significancia asintótica del análisis determinó una diferencia significativa en la variación de la diferencia de RMS (significancia de la diferencia de RMS = 0.275) y en el índice de asimetría muscular (significancia del índice de asimetría = 0.769) previa y posterior al uso de férula y (Tabla 3).

Con base en el estadístico de contraste ( $p < 0.05$ ), no existe evidencia suficiente para este conjunto de datos respecto a que las diferencias de RMS y el índice de asimetría muscular dependan del uso de férula. En este sentido impacta en la disminución de las diferencias de RMS e índice de asimetría aproximando a los músculos maseteros a un funcionamiento de equilibrio; esta asociación dependerá de tres aspectos a tener en cuenta: i) el uso correcto de férula oclusal

fisiológica como se indicó al inicio del tratamiento, ii) acudir a los controles correspondientes para realizar los ajustes de acuerdo a la respuesta muscular y sintomatología que refiera el paciente cada dos semanas y, iii) las características morfológicas y clínicas de cada paciente (Figura 2).

Se observa la dispersión de las diferencias de RMS (rojo) y en el índice de asimetría (azul) de cada uno de los pacientes. Es evidente que el comportamiento de estas dos variables no muestra ningún patrón o tendencia de comportamiento significativa con el paso del tiempo; sin embargo, se ilustra que la mitad de los pacientes presentan comportamiento negativo al igual que positivo (Figura 2).

**Tabla 3:** Se determinó si existen diferencias entre el rango medio de la diferencia RMS y el índice de asimetría estimado de los músculos maestros mediante la prueba de rango firmado de Wilcoxon. *It was determined whether there are differences between the mean range of the RMS Difference and the estimated Asymmetry Index of the master muscles by means of the Wilcoxon signed-rank test.*

Variable	Significancia	Rango promedio	Suma de rangos
Diferencia RMS	Rangos negativos	20	22.5
	Rangos positivos	25	22.5
	Empates	1	1
	Total	46	46
Índice de asimetría muscular	Rangos negativos	25	23
	Rangos positivos	21	23
	Empate	0	0
	Total	46	46

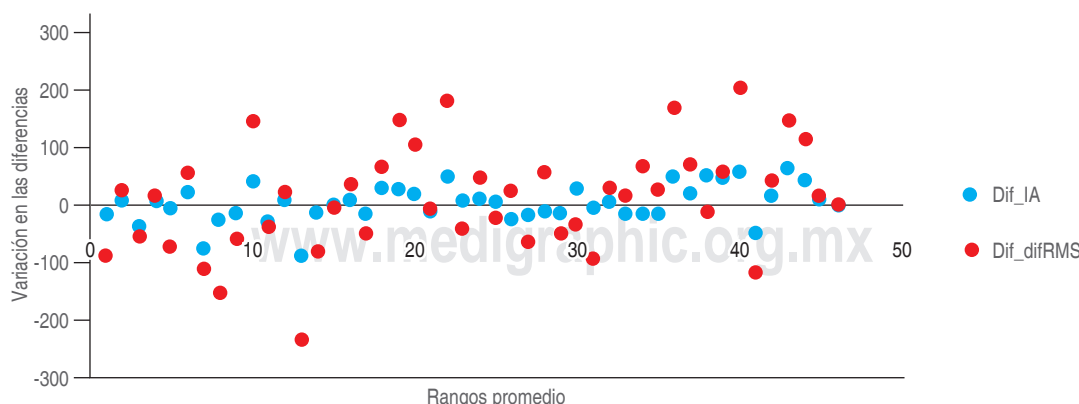
z|RMS = Root Mean Square.

## DISCUSIÓN

El fundamento teórico para el uso de férula oclusal como herramienta diagnóstica en distintas especialidades se basa en el desequilibrio neuromuscular. Los estudios cuyo principal propósito fue evaluar el efecto de la férula oclusal en sujetos normales, no sólo han demostrado que reduce el efecto de la hiperactividad muscular, sino que facilita la manipulación mandibular, ayudando a los odontólogos a centralizar los cóndilos con sus respectivos discos articulares en las fosas mandibulares.<sup>7-11</sup>

Nassar y su equipo,<sup>9</sup> Lund y colegas,<sup>12</sup> y Donegan y colaboradores<sup>13</sup> realizaron estudios con sujetos sin ningún signo de disfunción muscular o articular y reportaron, individualmente, que cuando la mandíbula permaneció en reposo durante largos periodos se produce una alteración en la actividad electromiográfica de los músculos maseteros, indicando así que el uso de férula oclusal modifica la actividad electromiográfica durante su uso y con el tiempo. Tales resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, ya que el dispositivo de desprogramación cambió la actividad (RMS) a lo largo del tiempo disminuyendo en la mayoría de los pacientes (clase I), de la misma manera que se observa en el estudio de Nassar y su equipo<sup>9</sup> y de Lund y colegas<sup>12</sup>.

Los autores que mostraron cambios en el equilibrio funcional del sistema estomatognático concluyen que el uso de férula es eficiente, permitiendo a los cóndilos asentarse en una posición más central en las fosas, por lo tanto disminuyen y equilibran la activación de toda la musculatura. Sin embargo, este efecto no se observó en el presente estudio. Una explicación para



**Figura 2:** Los rangos de variación del índice de asimetría (azul) de los músculos del masajista son menores en comparación con la variación que se ilustra con las diferencias estimadas de los valores de RMS (rojo).

*The ranges of variation of the asymmetry index (blue) of the masseter muscles are smaller compared to the variation that is illustrated with the estimated differences of the RMS values (red).*

tales resultados puede ser la muestra seleccionada, que incluyó individuos con diferentes características morfológicas (esqueléticas), las cuales parecen condicionar el efecto de respuesta neuromuscular proporcionando así una respuesta alterna en comparación con lo reportado anteriormente.

Ferrario y colegas<sup>8</sup> y Naeije y su equipo<sup>7</sup> demostraron que los sujetos normales con denticiones sanas tienen un cierto grado de asimetría muscular. Sus hallazgos muestran que una simetría perfecta no sólo no existe, sino que puede ser engañosa, ya que implica el uso de criterios de normalidad demasiado estrechos. La asimetría parece más útil y correspondiente a la realidad: con un índice de asimetría de 18% debería considerarse normal y compatible con una función. El objetivo del tratamiento no puede ser sólo una apariencia «simétrica», pero sí un sistema que funciona bien.<sup>13-15</sup>

Consideramos que la disminución de la actividad muscular puede estar asociada a un aumento en el número de contactos oclusales en una posición muscular simétrica, la cual se observa durante las primeras semanas con el uso de férula fisiológica. Esta disminución de la actividad electromiográfica no se observa en pacientes con maloclusión esquelética clase II.

Una de las principales limitaciones del estudio es la variabilidad biológica que caracteriza a la variable de respuesta (actividad eléctrica neuromuscular), ya que esta diversidad no permite determinar el efecto específico de una terapia y siempre dependerá de diversos factores comprometiendo así la normalización o los cambios de la actividad electromiográfica de los músculos maseteros superficiales durante el uso de férula oclusal. Por otro lado, a pesar de las fortalezas del estudio, es necesario realizar una mayor cantidad de análisis con la finalidad de evaluar e interpretar de una manera objetiva y personalizada el equilibrio neuromuscular. Los resultados del estudio son reproducibles y consistentes en otras poblaciones.

## CONCLUSIONES

Las características anatómicas de cada individuo están relacionadas con la función masticatoria, de la misma manera la función muscular desempeña un papel importante en la oclusión y sus respectivas modificaciones.

La electromiografía de superficie es un estudio efectivo para la evaluación de los músculos (sanos y disfuncionales) con contribuciones clínicas importantes; permite evaluar la simetría bilateral facilitando la comprensión de las condiciones fisiológicas del sistema estomatognático generando una evaluación objetiva al considerar el efecto del tratamiento.

El equilibrio neuromuscular se delimita a diversos factores; sin embargo, evaluar la actividad eléctrica neuromuscular ayudará a determinar la posición adaptativa de la mandíbula.

Los índices de actividad pueden calcularse de distintas formas considerando las limitaciones morfológicas y funcionales de los pacientes como lo fue para este estudio; el índice reportó más pacientes asimétricos justificando así que la terapia de desprogramación sí modifica la actividad eléctrica, pero no garantiza equilibrio neuromuscular en todos los pacientes.

Cualquier tratamiento dental es complejo debido a que altera la función del sistema estomatognático y estos cambios influyen en la actividad muscular. Por ello, es de importancia considerar el aspecto funcional previo y durante el tratamiento. Las reconstrucciones protésicas, tratamientos de ortodoncia y ortopedia, entre otros, deberían ser considerados correctos posterior a ser evaluados mediante patrones fisiológicos de actividad muscular; asimismo, los índices podrían proporcionar una evaluación de equilibrio estimada por funcionalidad y simetría.

## Original research

### Electromyographic neuromuscular balance of the masseter muscles produced by the use of an occlusal splint

Claudia Ivonne Rodríguez Castañeda,\*  
Marcelo Kreiner,<sup>§</sup> Luis Ignacio Fernández Rey,<sup>§</sup>  
Eduardo Fulgencio Llamosas Hernández,<sup>||</sup>  
Fernando Ángeles Medina\*

\* Laboratorio de Fisiología, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

§ Cátedra de Fisiología General y Bucodental, Facultad de Odontología. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

|| Especialidad en Ortodoncia, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

#### ABSTRACT

**Introduction:** Neuromuscular balance is the dynamic muscular coordination, between the relationship and activity of the masticatory muscles. The main objective of the occlusal splint is to produce a stable and reproducible mandibular position. **Objective:** To analyze possible variations in the neuromuscular balance based on electromyographic recordings of the masseter muscles before and after the use of occlusal splints in patients with malpositioned teeth.

**Material and methods:** A cohort of 52 patients from two dental clinics was followed during the period from August to December 2018, through convenience sampling, the general, regional and local clinical examination was performed. Cephalometric analysis

of lateral skull radiographs and electromyography evaluation was performed using specific software. In addition to the elaboration and placement of physiological occlusal splints. A bivariate analysis was performed [ $\chi^2$  and linear regression, Wilcoxon ranks (STATA)]. **Results:** The mean age was 22 years, 75% were female and the type of malocclusion was skeletal class II (48%). The use of a splint caused a decrease in the RMS differences of 27 (59%) and increased in 19 (41%) patients. Asymptotic significance of the analysis determined a significant difference in the variation of the RMS difference and the muscle asymmetry index before and after splinting. And based on the contrast statistic ( $p < 0.05$ ), there is insufficient evidence for this data set that the differences in RMS and muscle asymmetry index are splint dependent. **Conclusions:** Any dental treatment is complex because it alters the function of the stomatognathic system and these changes influence muscle activity, which should be considered correct after being evaluated by physiological patterns of muscle activity.

**Keywords:** Neuromuscular balance, occlusal splint, masseter muscles.

## INTRODUCTION

The main function of the occlusal splint is to produce a stable and reproducible mandibular position, which is not determined by the dental contacts already established.<sup>1</sup>

Neuromuscular balance is the dynamic muscle coordination of the relationship and the activity of the masticatory muscles. It defines the dynamics of the jaw posture to prevent injuries related to mastication forces and the proper performance of the muscles in their different functions (swallowing, phonation, breathing, mastication, jaw posture, etc.).<sup>2</sup>

Functional performance is an indicator to determine neuromuscular balance. Recent studies define muscle strength asymmetry as equivalent to more than 15% of the deficit compared to the same muscle on the opposite side.<sup>3</sup> Asymmetry index quantifies the difference in activity in an isometric contraction of a bilateral muscle; it is estimated by subtracting the unilateral activity from the contralateral activity and dividing by the sum of both activities.<sup>4</sup>

In this sense, electromyography (EMG) facilitates group or individual assessment of the masticatory muscles.<sup>5</sup> In addition, EMG is a diagnostic screening test to detect muscle abnormalities based on the pattern of electrical activity.

This study aims to analyze possible variations in the neuromuscular balance based on electromyographic recordings of the masseter muscles before and after using an occlusal splint in patients with malpositioned teeth.

## MATERIAL AND METHODS

The present study followed a cohort of 52 patients from the orthodontic clinic of the División de Estudios

de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México and the Naucalpan UNAM dental clinic, from August to December 2018. Patients with malpositioned teeth without previous orthodontic treatment and/or use of a splint and permanent dentition were included.

Patients who presented partially edentulous arches with periodontal problems, prosthetic, implant, or surgical treatments, with apparent neurological or sensory disabilities, bruxism or rheumatoid arthritis, and a medical indication for the consumption of myorelaxant drugs were excluded.

The study was carried out in the Laboratory of Physiology of the DEPEI-FO-UNAM and the Universidad de la República, Uruguay.

A convenience sampling was done. After being included, the general, regional and local clinical examinations were carried out. Finally, the cephalometric analysis of the lateral skull x-ray was performed with the JOE<sup>®</sup> program. The protocol was approved by the Ethics Committee of the FO-UNAM. Likewise, all participants signed a written consent before entering the study.

The recording system (hardware and software) used for the evaluation of electromyography was designed, evaluated, and patented by researchers from CU-UNAM and CINVSTAV-IPN in Laboratory of Physiology, Graduate and Research Division, Dental School, National Autonomous University of Mexico, with the name of Electromyograph 1.2 UNAM-CINVSTAV (*Figure 1*).<sup>6</sup>

The clinical electromyographic recording method was standardized, obtaining an intraoperative intraclass correlation coefficient of 0.73 and an intraoperative intraclass correlation coefficient of 0.84. The root means square (RMS) recording was performed at maximum intercuspation and reported in microvolts per second ( $\mu V/s$ ) (*Figure 1*).

The measurement of the electromyographic activity of the superficial masseter muscle was made with the patient sitting in the dental unit. The masseter muscle area was cleaned with a cotton swab and alcohol so that the electrode had a better adherence and the signal less noise. Three Kendall<sup>™</sup> Meditrace<sup>®</sup>100 conductive adhesive ECG electrodes were placed on each side. The first one in the zygomatic arch (origin of the muscle), the second one in the muscle's insertion, just at the angle of the mandible; and the third electrode on the back of the mastoid apophysis (*Figure 1*). The electrical activity was recorded at two different times. The first recording (baseline) during the initial examination before using

the physiological occlusal splint. After this procedure, the splint was placed; after two months of using it, the patients returned for a reevaluation of the electrical activity (final record), maintaining the same criteria used for the first time. Analysis of EMG recordings in the MI was obtained for 30 seconds, measured in microvolts ( $\mu\text{V}$ ).

Technique for the elaboration of the physiological occlusal splint. To this purpose a 0.060" caliber acetate was placed in a vacuum thermoplastic machine. Later a 0.080" caliber acetate was added. It was trimmed over the middle of all the upper teeth. A relining was carried out with self-curing acrylic on the occlusal splint surface, leveling the material. An occlusal adjustment was made, and the dimension of the splint was verified (interdental unocclusion) and that it did not interfere with any mandibular movement.

Using indications of the physiological occlusal splint was the same for all patients: usage for 24 hours a day removing it only for eating and brushing teeth washing it with neutral liquid soap for hands, without scrubbing study variables. The dependent variables were estimated based on the electromyographic value of RMS (basal and final RMS difference, neuromuscular balance, basal and final symmetry index).

The RMS difference was obtained by subtracting the RMR values of the right masseter muscle from the RMS of the left masseter muscle obtained during the first recording (baseline). The final RMS difference was estimated with the same process but with the RMS values obtained after two months of use of the physiological occlusal splint for each patient.

Neuromuscular balance was dichotomously determined (1 = decreased 2 = increased) through the behavior of the baseline RMS difference compared to the final RMS difference, assuming that the decrease in the electromyographic difference between the masseter muscles after two months of use of the occlusal splint is obtained in presence of neuromuscular balance.

The muscle activity asymmetry index was determined for each individual using the equation proposed by Naeije, McCarroll, and Weijs.<sup>7</sup>

$$\text{Asymmetry index} = \frac{[(\text{right RMS} - \text{left RMS})]}{[(\text{right RMS} + \text{left RMS})]} \times 100$$

**Independent variables:** skeletal malocclusion (class I, II, and III) and facial biotype (dolichofacial, mesofacial, and brachifacial).

Confounding variables: facial pain and rheumatoid arthritis, both determined dichotomously (presence and

absence by self-report) and the body mass index (BMI), categorized (underweight, normal weight, overweight).

**Statistical analysis:** statistical analysis was performed using the Statistical Software for Data Science (STATA) program, version 14, Windows platform. Bivariate analysis ( $\chi^2$  and linear regression according to the nature of the independent variables) was performed to determine the relationship and distribution of neuromuscular balance. In addition, using the nonparametric Wilcoxon rank-sum test, the change in the response variables differences in RMS (baseline and final) and muscle asymmetry index (baseline and final), produced by the effect of deprogramming therapy, were analyzed. For all tests in this study, an alpha significance level of 5% ( $p = 0.05$ ) was used, thus establishing the maximum error probability to reject the null hypothesis of  $H_0$ .

## RESULTS

The mean age was 22 years and 75% of the sample was women. The type of skeletal malocclusion class II (48%) was the most frequent and the dolichofacial biotype (67%). In addition, 54% of the patients did not report having facial pain and 67% had a standard BMI.

Neuromuscular electrical activity before using the splint was 190  $\mu\text{V}$  of the right masseter muscles and 148  $\mu\text{V}$  of the left ones. However, after two months of using the occlusal splint, it was 173.5  $\mu\text{V}$  for the right masseter muscles and 146  $\mu\text{V}$  for the left ones.

The RMS differences of the masseter muscles were estimated. The median and interquartile range of the baseline RMS difference was [42.00  $\mu\text{V}$  (1-60)] and the final RMS difference was (26.4  $\mu\text{V}$  (0.9-60)) (Table 1). Unfortunately, four patients did not complete the study adequately and timely.

Neuromuscular balance was determined assuming that the difference in electromyographic activity decreases. The use of a splint caused a decrease in the RMS differences of 27 (59%) patients and increased in 19 (41%) patients.

The muscle asymmetry index estimates a percentage result that is why the magnitude is smaller than the difference in RMS. However, behavior is similar (Table 1)

The bivariate analysis determined that for each year of age, the neuromuscular balance decreases 0.014  $\mu\text{V}$  (Table 2).

The patients who presented an opposite neuromuscular effect (increase in the RMS difference) with the use of the occlusal splint were patients with class II skeletal malocclusion (19%), patients who did not report facial pain (22%) and patients who had a normal mass index (26%).



The asymptotic significance of the analysis determined a significant difference in the variation of the RMS difference (significance of the RMS difference = 0.275) and the muscle asymmetry index (significance of the asymmetry index = 0.769) before and after the use of the splint (*Table 3*).

Based on the contrast statistic ( $p < 0.05$ ) there is insufficient evidence for this data set that the differences in RMS and the muscle asymmetry index depend on the use of a splint. In this sense, it impacts the reduction of differences in RMS and asymmetry index, bringing the masseter muscles closer to a balance function. This association will depend on three aspects to consider: i) correct usage of a physiological occlusal splint as indicated at the beginning of the treatment, ii) attend to the corresponding controls to make adjustments according to the muscle response and symptoms reported by the patient every two weeks and, iii) the morphological and clinical characteristics of each patient (*Figure 2*).

The dispersion of the differences in RMS (red) and the asymmetry index (blue) of each patient is observed. The behavior of these two variables does not show any pattern or trend of significant behavior over time. However, it is illustrated that half of the patients present negative and positive behavior (*Figure 2*).

## DISCUSSION

The neuromuscular imbalance is the theoretical basis for using the occlusal splint as a diagnostic tool in different specialties. Several studies whose main purpose was to evaluate the effect of the occlusal splint in normal subjects have shown that it reduces the effect of muscular hyperactivity and facilitates mandibular manipulation, helping dentists centralize the condyles with their respective articular discs in the mandibular fossae.<sup>7-11</sup>

Nassar et al,<sup>9</sup> Lund et al,<sup>12</sup> and Donegan et al<sup>13</sup> conducted studies with subjects without any sign of muscle or joint dysfunction. When the mandible was at rest for long periods, there was an alteration in the electromyographic activity of the masseter muscles, which indicates that the use of an occlusal splint modifies this activity and that over time such results are consistent with ours, in which the deprogramming device changed the electromyographic activity during the specific time. Muscle activation patterns (RMS) over time decreased in most of the patients (class I), in the same way as observed in the Nassar et al<sup>9</sup> and Lund et al<sup>12</sup> studies.

The authors who showed changes in the functional balance of the stomatognathic system conclude that

using a splint is effective, allowing the condyles to settle in a more centralized position in the fossae, thus reducing and balancing the activation of all the musculature.

However, this effect was not observed in the present study; an explanation for such results may be the selected sample, which included individuals with different morphological (skeletal) characteristics that seem to condition the effect of the neuromuscular response, thus providing an alternative response to that previously reported.

Ferrario et al<sup>8</sup> and Naeije et al<sup>7</sup> showed that ordinary subjects with healthy teeth have a certain degree of muscular asymmetry. Their findings show that a perfect symmetry does not exist and can be misleading since it implies too narrow criteria of ordinary. The concept of asymmetry seems more valuable and is consistent with reality. An asymmetry index of 18% should be considered standard and compatible with a function. The aim of the treatment would not be just a «symmetrical» appearance but a well-functioning system.<sup>13-14</sup>

We consider that the decrease in muscle activity may be associated with an increase in the number of occlusal contacts in a symmetrical muscular position observed during the first weeks of using the physiological occlusal splint. This decrease in electromyographic activity is not observed in class II skeletal malocclusion patients.

One of the main limitations of the study is the biological diversity that characterizes the response variable (neuromuscular electrical activity), which prevents determining the specific effect of therapy and will always depend on various factors, thus compromising the normalization or changes of electromyographic activity of the superficial masseter muscles during use of the occlusal splint. On the other hand, even with the study's strengths, it is necessary to carry out more analysis to evaluate and interpret neuromuscular balance in an objective and personalized way. The results of the study are reproducible and consistent in other populations.

## CONCLUSIONS

The anatomical characteristics of each individual are related to the masticatory function. In the same way, muscle function plays an essential role in the occlusion and its respective modifications.

Surface electromyography is a practical study for evaluating muscles (healthy and dysfunctional) with important clinical contributions. It allows evaluating the

bilateral symmetry facilitating the understanding of the physiological conditions of the stomatognathic system, generating an objective evaluation when considering the effect of the treatment.

Neuromuscular balance is limited to several factors. However, assessing neuromuscular electrical activity will help determine the adaptive position of the jaw.

The activity indices can be calculated in different ways considering the morphological and functional limitations of the patients, as it was for this study. However, the index reported more asymmetric patients, thus justifying that deprogramming therapy does modify electrical activity but does not guarantee neuromuscular balance in all patients.

Any dental treatment is complex because it alters the function of the stomatognathic system and these changes influence muscle activity, so it is essential to consider the functional aspect before and during the treatment. Prosthetic reconstructions, orthodontic and orthopedic treatments, among others, must be considered correct after being evaluated through physiological patterns of muscle activity. Likewise, the indices could evaluate balance estimated from functionality and symmetry.

#### REFERENCIAS/REFERENCES

1. Bodere C, Woda A. Effect of a jig on EMG activity in different orofacial pain conditions. *Int J Prosthodont*. 2008; 21 (3): 253-258.
2. De Rossi M, De Rossi A, Hallak JE, Vitti M, Regalo SC. Electromyographic evaluation in children having rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136 (3): 355-360.
3. Di Palma E, Tepedino M, Chimenti C, Tartaglia GM, Sforza C. Effects of the functional orthopaedic therapy on masticatory muscles activity. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9 (7): e886-e891.
4. Di Palma E, Tepedino M, Chimenti C, Tartaglia GM, Sforza C. Longitudinal effects of rapid maxillary expansion on masticatory muscles activity. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9 (5): e635-640.
5. De Felício CM, Sidequersky FV, Tartaglia GM, Sforza C. Electromyographic standardized indices in healthy Brazilian young adults and data reproducibility. *J Oral Rehabil*. 2009; 36 (8): 577-583.
6. García-Espinosa L. Diseño y construcción de electromiógrafo para el registro de emg superficial de músculos maseteros e implementación de análisis multifractal por DFA. CINVESTAV, 2011.
7. Naeije M, McCarroll RS, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. *J Oral Rehabil*. 1989; 16 (1): 63-70.
8. Ferrario VF, Serrao G, Dellavia C, Caruso E, Sforza C. Relationship between the number of occlusal contacts and masticatory muscle activity in healthy young adults. *Cranio*. 2002; 20 (2): 91-98.
9. Nassar MS, Palinkas M, Regalo SC, Sousa LG, Siéssere S, Semprini M et al. The effect of a Lucia jig for 30 minutes on neuromuscular re-programming, in normal subjects. *Braz Oral Res*. 2012; 26 (6): 530-535.
10. Cecílio FA, Regalo SC, Palinkas M, Issa JP, Siéssere S, Hallak JE et al. Ageing and surface EMG activity patterns of masticatory muscles. *J Oral Rehabil*. 2010; 37 (4): 248-255.
11. Pereira LJ, Gaviao MB. Tomographic evaluation of TMJ in adolescents with temporomandibular disorders. *Braz Oral Res*. 2004; 18 (3): 208-214.
12. Lund P, Nishiyama T, Moller E. Postural activity in the muscles of mastication with the subject upright, inclined, and supine. *Scand J Dent Res*. 1970; 78 (5): 417-424.
13. Donegan SJ, Carr AB, Christensen LV, Ziebert GJ. An electromyographic study of aspects of 'deprogramming' of human jaw muscles. *J Oral Rehabil*. 1990; 17 (6): 509-518.
14. Ferrario VF, Sforza C, Miani A Jr, D'Addona A, Barbini E. Electromyographic activity of human masticatory muscles in normal young people. Statistical evaluation of reference values for clinical applications. *J Oral Rehabil*. 1993; 20 (3): 271-280.
15. Fernández Rey LI. Análisis y desarrollo de nuevas variables electromiográficas y refleximétricas para el estudio de la función cráneo-mandibular [Maestría en Ciencias Odontológicas Función Cráneo-mandibular y Dolor Orofacial]. Universidad de la Republica Uruguay; 2018. Disponible en: <https://odon.edu.uy/sitios/craneomandibular/wp-content/uploads/sites/42/2019/11/Tesis-Ignacio-Fernandez.pdf>

**Correspondencia/Correspondence:**  
**Claudia Ivonne Rodríguez Castañeda**  
**E-mail:** dra.ivonnerodriguez@gmail.com