

Rubén Darío López Aldana¹
Adolfo León Gómez²
Luís M. Borrero³
Carlos García⁴

PALABRAS CLAVES: Gnatodinamómetro, fuerza oclusal, fuerza de apretamiento.

RESUMEN

Este trabajo hace parte de los intentos de consolidación del laboratorio de fisiología oral de la Universidad del Valle y tiene como objetivo el diseño, construcción y validación de un gnatodinamómetro; este aparato construido en acero inoxidable mide la fuerza de apretamiento oclusal, gracias a que se deforma al recibir cargas y esta deformación se mide con precisión por un sensor de deformación o strain gauge incluido en el diseño; está compuesto por dos vigas, triangulares en su anchura, unidas en uno de sus extremos -el extremo más ancho-, el otro extremo se recubre con acrílico y poliestireno ya que es el sitio donde se ubican las estructuras dentarias. El espesor definitivo es de aproximadamente 9 mm.

Todos los procesos de construcción del gnatodinamómetro se realizaron en la Universidad del Valle, y con él se midió la variable funcional de apretamiento oclusal.

Se validó finalmente el equipo mediante la realización de mediciones en un grupo de 7 pacientes entre 8 y 12 años con características faciales y dentales diagnosticadas clínicamente como normales, encontrando valores promedio para la fuerza máxima de apretamiento oclusal de 369 NW. (37 Kg-F) que son compatibles con valores encontrados en otros estudios.

INTRODUCCION

La importancia de la fuerza de mordida, es discutida por su relación con la forma craneo facial y otras variables, su estudio se lleva a cabo con gnatodinamómetros, de los cuales se encuentran diversos diseños en la literatura.

Una de las variables que parece estar fuertemente correlacionada con la fuerza oclusal es el número de contactos oclusales, tal como lo muestran Ingervall y Minder⁽¹⁾, quienes en un estudio de sección transversal, encontraron correlación positiva entre fuerza de mordida y número de contactos oclusales, ángulo goniaco cerrado y poca inclinación del plano mandibular. Gionhaku y Lowe² y Sasaki et. al.³ investigaron la correla-

¹ Especialista en odontología pediátrica y ortopedia maxilar, Universidad del Valle.

² Profesor titular de la Universidad del Valle, Magíster en diseño de máquinas del MTI, USA.

³ MD Universidad Nacional de Colombia, "Research Fellow" del Dpto. de fisiología de la Universidad de Harvard. Profesor del Dpto. de fisiología y jefe de trabajos de laboratorio de investigación de la Universidad del Valle.

⁴ Ortodoncista, profesor auxiliar de la Universidad del Valle.

ción entre fuerza de mordida y variables craneofaciales como espesor de los músculos masetero y pterigoideo interno, los resultados mostraron una correlación positiva entre los espesores musculares y la fuerza de mordida.

Helle, Tulensalo⁴ et al. realizaron un estudio sobre fuerza máxima de mordida en niños entre 5 y 17 años, por medio de un gnatodinómetro de material piezoeléctrico encontraron que los resultados en la zona molar se hacían mas grandes conforme aumentaba la edad, de 209 N a 406 N. Se encontraron diferencias estadísticas entre los valores registrados para niñas y niños, pero no se encontraron diferencias entre los lados de la arcada. Linqvist y Rindqvist⁵ realizaron un estudio en niños de 12 años con un gnatodinómetro ubicado entre los primeros molares permanentes, sin encontrar diferencias de sexo en los valores de fuerza oclusal.

Braun, Hnat⁶ et al., relacionaron fuerza máxima de mordida con crecimiento y desarrollo, en una muestra de 231 mujeres y 226 hombres con edades entre los 6 y 20 años. Los resultados muestran valores promedio de 85 N hasta 176 N incrementándose conforme lo hace la edad.

Los valores y el diseño de los equipos de medición varían ostensiblemente en cada trabajo lo que dificulta la interpretación de los resultados. El propósito de éste estudio es diseñar, construir y calibrar un gnatodinómetro, que permita medir las fuerzas de mordida en diferentes grupos de edad con alta precisión.

MATERIALES Y METODOS

Se construyó una pieza de uso intraoral cuyas dimensiones permitieran el máximo desarrollo de la fuerza oclusal que se logra cuando el espacio interoclusal es de aproximadamente 10 mm a nivel de molares según los trabajos de Manns et al.⁷⁻⁸, también que la fuerza ejercida en los dientes fuera transmitida al elemento que la iba a percibir de la

manera mas precisa posible sin llegar a causar deformación permanente en el material usado (acero inox. DIN 320), se optó por construir una celda de carga que tuviera dos vigas o platinas unidas por uno de sus extremos, formando una U, en medio de las dos vigas se interpuso un apoyo para limitar la flexión de éstas, el otro extremo es aquel en el que el paciente realiza el apretamiento (previo recubrimiento de la superficie de acero con acrílico), esto causa una deformación que es registrada por el strain gauge o sensor de deformación, este tipo de diseño se conoce como vigas en voladizo; se seleccionaron para construir la celda de carga, vigas de geometría equiesforzada, esto es que su esfuerzo es el mismo en cualquier punto a lo largo de ellas; el resultado es una celda de carga cuyo diseño posee vigas triangulares con sección transversal rectangular variable, que garantizan que al ser sometidas a una fuerza, esta se transmite igualmente en toda la extensión de la viga.

Lo anterior se explica por medio de la siguiente fórmula:

$$E = M * C / I$$

Donde **E** es el esfuerzo, **M** el momento, e **I** corresponde al momento de inercia en cualquier sección de la viga. **C** es la distancia de la fibra neutra al eje más alejado, en este caso es la mitad del espesor de la viga (**a/2**).

Como **M = Fuerza * distancia = F*d**, **C = a/2** e **I = 1/12 * b * a³** reemplazamos en la fórmula anterior:

E = F*d*(a/2) / [1/12] * b * a³ y se entiende que la ecuación de esfuerzo se mantiene balanceada porque al hacer un cambio en la distancia, representada por **d** en el numerador, automáticamente ocurre un cambio en la anchura, representada por **b** y en el denominador, lo cual no sucedería si el ancho del corte transversal de la viga fuera invariable. Importante esto, porque se garantiza que el esfuerzo que se registra en el extremo de la viga

es el mismo en cualquier parte de ella y por lo tanto el sensor registra absolutamente toda la deformación que el paciente le imprime a la viga.

En el centro de la parte externa de una de las vigas se instaló, adhiriéndolo con polímero con base en cianocrilato, un sensor electrónico de deformación (strain gauge), que después fue recubierto con silicona para protegerlo del medio húmedo al cual se va a someter; éste sensor lleva una señal eléctrica a un medidor de deformación – strain indicator P-3500 Micromasurements, en el que hay un puente de Wheatstone - que muestra en un dispositivo digital de lectura, las unidades de la deformación causada a las vigas. La deformación es mostrada en unidades de microdeformación, que después de ser calibrada se traslada a unidades de fuerza con la ayuda de la ecuación de la línea recta, esto es: $y = m \cdot x + b$.

La calibración se realizó encontrando los valores de microdeformación correspondientes a sucesivos aumentos de fuerza conocida, en una línea de fuerza única, en la cual se interponen el gnatodinómetro y un dinamómetro de compresión que registra los incrementos de fuerza.

Para realizar las tomas de datos en pacientes, se tomó por conveniencia, una muestra de siete niños (previo consentimiento de sus padres) en dentición mixta temprana, sin distinción de sexo, con los cuales se pudiera conformar un grupo que permitiera determinar variabilidad en las mediciones y que estas se atribuyeran a la individualidad del paciente y no a errores de construcción del gnatodinómetro. Se examinaban clínicamente convencional por parte del autor, para verificar que sus relaciones molares correspondían a clase I de Angle, que no había movilidad por resorción radicular y que los molares estaban completamente erupcionados e intactos en su estructura y que había competencia labial en reposo. Se realizaron pruebas de máximo esfuerzo en contracción isométrica bilateral de la musculatura de cierre mandibular, realizando medición de la fuerza unilate-

ralmente, para esto se interpuso el gnatodinómetro entre los primeros molares del lado derecho y se solicitó a los pacientes que realizaran apretamiento hasta lograr su fuerza máxima. Los pacientes se sentaron cómodamente en una silla, con la espalda perpendicular al piso, la planta de los pies haciendo contacto con el suelo y la cabeza apoyada en su parte posterior, con la cara hacia el frente. Las pruebas se realizaron en series de tres esfuerzos realizados con intervalos de tiempo de 5 minutos para permitir reposo muscular del paciente. La duración del esfuerzo era determinada por el tiempo que demoraba cada paciente en expresar su fuerza máxima. De los tres valores obtenidos se tomó el mayor como el correspondiente a fuerza máxima de apretamiento oclusal.

DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se escogió la prueba de los signos⁹, usada en estadística no paramétrica, cuando se desea establecer –en el caso de dos muestras- que los resultados son diferentes.

H_0 : La mediana de las diferencias es cero; La fuerza de la mordida en un grupo de pacientes, tomada en dos series realizadas en diferente tiempo es igual en ambas series para la parejas de datos.

H_1 : La mediana de las diferencias es positiva.
Esto es: $p(X_a > X_b) = p(X_a < X_b) = \frac{1}{2}$
Donde, X_a : puntaje en la primera serie
 X_b : puntaje en la segunda serie

Para conservar la diferencia contenida e las apreciaciones, la información dada por cada par de datos se expresó por un signo, cada niño conformaba una pareja de datos ya que fueron realizadas de series de registro. Ver tabla 1.

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN

Sean $\alpha = 0.05$ y $N = 7$, número de parejas de datos según estos, el número menor de signos, es 2 y N , el número de pares que mostraron diferen-

cias, es 6. La tabla de valores de la prueba binomial muestra que para $N=6$ una $x \leq 2$ tienen una probabilidad de ocurrencia conforme a H_0 , de $p=0.035$. Este valor está en la región de rechazo en $\alpha=0.05$; así, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Se concluye que la fuerza de mordida tomada en dos series separadas en el tiempo muestra diferencia y que está se caracteriza por tendencia al aumento.

RESULTADOS

El objetivo de este trabajo fue el diseño, construcción y validación de un equipo de medición de la fuerza de mordida que sirva para futuras investigaciones en el área de la fisiología oral, la validación se realizó con base en curvas de calibración de deformación versus fuerzas conocidas, variables a las cuales se les sacó el coeficiente de correlación obteniéndose valores de 0.9, posteriormente se hicieron dos series de recolección de datos en pacientes. El promedio de fuerza de apretamiento oclusal en éste grupo de pacientes, fue de 37 kg-f (369 N) y el rango estuvo entre 21kg-f y 52 kg-f (209 N y 511 N).

DISCUSIÓN

Luego de hacer la metodología estadística, se rechazó de la hipótesis nula propuesta, pudiendo concluir que las diferencias en los resultados de la toma de registros con el gnatodinamómetro, obedece a diferencias inherentes al esfuerzo realizado por el paciente, ya que el equipo es lo suficientemente sensible para registrar tales diferencias.

Los valores expresados en la literatura, muestran variaciones muy grandes, a pesar de esto, los resultados obtenidos en este trabajo tuvieron un promedio de 37 Kg-f (369 Nw) con un rango entre 21 Kg-f (209 Nw) y 52 Kg-f (511 Nw) que son valores comparables con los obtenidos en el estudio de Linqvist et al⁵ que midió la fuerza de mordida en pacientes de 12 años de edad, bruxómanos encontrando promedios de 47 kg-f.

Helle et al⁴ encontraron valores en niños entre 5 y 17 años con promedio de 406 Nw que equivalen a 41 Kg-f -quizás los datos más parecidos a los del presente trabajo- y encontró que la fuerza aumentaba conforme lo hacia la edad del grupo estudiado. El equipo que usaron era material piezoeléctrico que no requiere apertura bucal muy grande por parte del paciente.

CONCLUSIONES

1. Se cumplió con los objetivos propuestos al diseñar, construir y probar un gnatodinamómetro que sirve como herramienta fundamental para la creación del laboratorio de fisiología oral de la Universidad del Valle.
2. En 7 niños estudiados, se halló que la fuerza de mordida promedio fue de 37 kg-f con rangos de 27kg-f y 53 kg-f, valores que son coherentes con los encontrados en la literatura mundial.
3. Se concluyó que las fuerzas registradas en dos series separadas por tiempo de una semana, en el mismo grupo de pacientes, presentan tendencia al aumento que obedece a diferencias en el esfuerzo realizado por el paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ingervall y Minder: Correlation between maximum bite force and facial morphology in children. *Angle Orthod.* 1997; 67(6):415-424.
2. Sasaki K, Hnnan A, Wood, W. Relationships between the size, position, and angulation of human jaw muscles and unilateral first molar bite force. *J Dent Res* 1989,68(3):499-503
3. Gionhaku N, Lowe, A. Relationship between jaw muscles volumen and craniofacial form. *J Dent Res* 1989, 68(5):805-809
4. Helle T, Tullensalo J, et al. Development of bite force. *Acta Odont. Scand.* 1990;48:89-96.
5. Lindqvist A, Rindqvist I. Bite force in children with bruxism and without it. *J. Prost. Dent.*

1993;72: 312-318.

6. Braun y Hnat, N, et al. Bite force in different age groups. J. Pros.Dent.1987; 69: 120-128.
7. Manns et al. The changes in electrical activity of the postural muscles of the mandible up on

varying. J. Prost Dent. 1981; 45(4):438-445.

8. Manns et al. EMG, bite force, and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contraction and variation of vertical dimension. J. Prost Dent. 1981; 45(4):446-451.
9. Sidney, S. Estadística no paramétrica. 5ta.- Edición Mex. Edit. Trillas 1979: 69-73

Tabla No. 1. Prueba de los signo para las dos series de registro de fuerza de mordida.

PAREJA	FUERZA DE MORDIDA (Nw)*		DIRECCION DE LA DIFERENCIA	SIGNO
	1a. Serie	2a. Serie		
A.B.	486	511	$X_{15} < X_{25}$	+
M.C.L.	209	209	$X_{15} = X_{25}$	0
A.F.A.	476	487	$X_{15} < X_{25}$	+
J.J.G.	378	372	$X_{15} > X_{25}$	-
J.J.P.I.	237	232	$X_{15} > X_{25}$	-
M.I.C.	330	349	$X_{15} < X_{25}$	+
P.S.G.	421	429	$X_{15} < X_{25}$	+

* Fuerza dada en newtons.

Cuando $X_{15} < X_{25}$ se otorga el signo de +

Cuando $X_{15} = X_{25}$ se otorga el signo 0

Cuando $X_{15} > X_{25}$ se otorga el signo de -

Correspondencia:

Carlos García Clavijo

Escuela Odontología.

Facultad de Salud Universidad del Valle-Cali

Teléfono: 5542469 - E-mail: carlosgarciaclavijo@hotmail.com