

DESCRIPCIÓN DE LA MAGNITUD DE FUERZAS MASTICATORIAS COMPARANDO DIFERENTES DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN. REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Luisa Fernanda Cubides De la Hoz¹, Jenny Milena Hernández Sánchez¹, Yorlady Andrea Rodríguez Avella¹

Luis Gabriel Ladino², Pablo Alejandro Villamil Polo³

1. Residentes de posgrado de prostodoncia UNICOC

2. Docente de posgrado de prostodoncia UNICOC

3. Docente de posgrado de prostodoncia UNICOC

RESUMEN

Objetivo: Describir la fuerza masticatoria máxima en adultos sanos con dentición permanente natural comparado en diferentes dispositivos de medición. **Materiales y Métodos:** Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Embase, Lilacs, Google Scholar y Scopus, los estudios seleccionados fueron predeterminados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión sin restricción de año de publicación. **Resultados:** Se incluyeron un total de 21 artículos después de ser excluidos de 858, de los cuales 10 son ensayos clínicos, 1 es una tesis de grado doctoral, 2 son casos y controles, 1 revisión sistemática y 7 son clínicos de corte transversal. **Conclusiones:** Existen diferentes tipos de dispositivos para medir la fuerza máxima masticatoria (FMM) como los gnatodinamómetros y los más utilizados son: hidráulicos, mecánicos y digitales así mismo se determinó que los valores de la FMM se encuentran en un rango entre 89,2 N a 1642 N, estos valores pueden estar influenciados por factores como el género, edad, patrón oclusal, posición del diente en el arco, tipo facial e índice de masa corporal.

PALABRAS CLAVES: Adults, T-Scan, bite devices, occlusal force, bite force, chewing force, masticatory force y maximun force.

1. INTRODUCCIÓN

La fuerza masticatoria o para algunos autores fuerza oclusal, es un componente de la función masticatoria, y se ha definido como la máxima fuerza generada entre los dientes maxilares y mandibulares¹. Algunos estudios indican que la magnitud de la fuerza es mayor en el lado de trabajo y, en algunos casos, el movimiento realizado por los dientes inferiores sobre los superiores influye en la distribución de estrés².

Este tipo de fuerzas son registradas por distintos tipos de dispositivos los cuales usan diversas metodologías para su obtención, generalmente estas están dadas ya sea en Newtons (N) el cual se define como la fuerza necesario que se debe aplicar a un objeto de 1 kilogramo para lograr que esta se acelere a un 1m/S², o también pueden estar dadas en

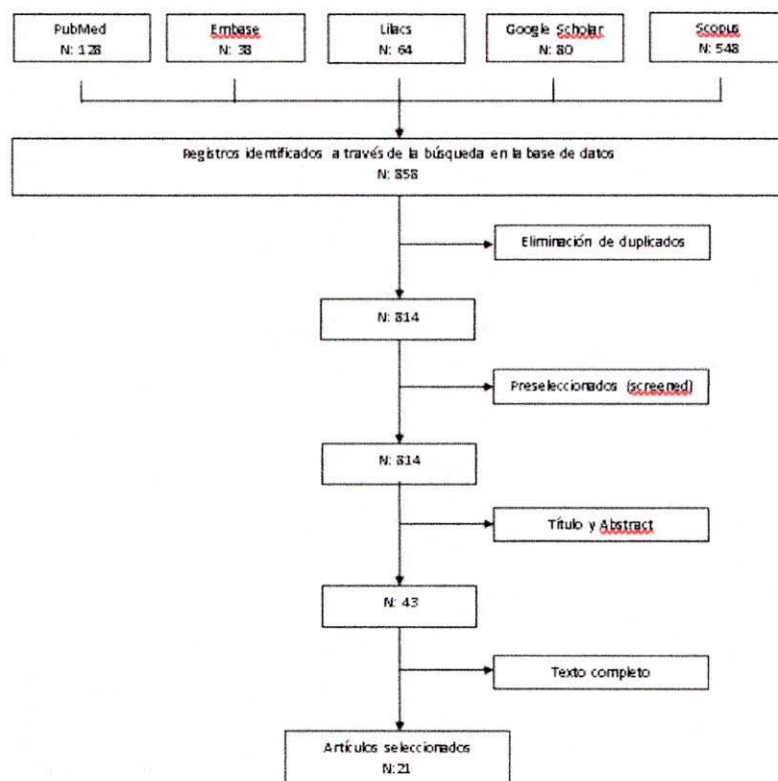
kilogramo sobre fuerza (Kg/f), este es considerado un sistema gravitacional de unidades, en donde se considera la fuerza ejercida a un objeto de 1 kilogramo para lograr dicha aceleración. Estas dos unidades de medida pueden ser comparables y se puede lograr su conversión teniendo en cuenta que 1 kg/f es equivalente a 9.806 N³.

El objetivo de esta revisión de literatura es describir la fuerza masticatoria máxima en adultos sanos con dentición natural comparando en diferentes dispositivos de medición para así poder escoger un dispositivo que brinde mayor exactitud a la hora de establecer las medidas de estas fuerzas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos Pubmed, Lilacs, Embase, Google Scholar y Scopus sin restricción de año de publicación con palabras claves como *Adults*, *T-Scan*, *bite devices*, *occlusal force*, *bite force*, *chewing force*, *masticatory force* y *maximun force*. Tres investigadores realizaron la búsqueda de forma independiente y posteriormente se confrontaron los resultados. Los artículos fueron seleccionados inicialmente por título teniendo en cuenta los criterios de inclusión: artículos en inglés, español y portugués, estudios sin restricción de año, estudios que incluyan pacientes con dentición natural permanente y estudios que expliquen el funcionamiento de los dispositivos de medición, los resultados de la búsqueda se pueden observar en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo.



3. RESULTADOS

La búsqueda bibliográfica tuvo un resultado de 858 artículos, después de excluir los artículos duplicados se obtuvo un resultado de 814 de los cuales se preseleccionaron 43 por título y resumen, finalmente se seleccionaron 21 artículos de texto completo que cumplieron con los criterios de inclusión, de los cuales 11 son ensayos clínicos, 1 es una tesis de grado doctoral, 2 son casos y controles y 7 son estudios de corte transversal. De los estudios seleccionados 8 midieron fuerza masticatoria máxima en dientes anteriores y 21 en dientes posteriores; adicionalmente, 6 usaron gnatodinamómetro digital, 4 el sistema T-scan, 2 con dispositivo de presión hidráulico (GM-10), 1 el sistema Prescale dental, 6 con sensor eléctrico (Flexidone) y 2 transductores de fuerzas con galgas extensométricas.

Tabla 1. Tabla de resumen de resultados

ID	Autor y año	Tipo de estudio	Objetivos	Tamaño de muestra	Resultados y conclusiones
1	Manoj y cols.2018 ⁴⁹	Ensayo clínico	Evaluar las fuerzas de mordida en un grupo de jóvenes sanos con dentición permanente completa, así como la eficiencia de mordida entre las diferentes regiones de la boca y el sexo de los individuos.	110 jóvenes sanos entre las edades de 19 a 35 años, 75 mujeres y 35 hombres.	- Hombres: MVBF de 17.62 ± 5.13 kg (incisivos), 46.38 ± 13.33 kg (PM derecho) y 49.10 ± 15.16 kg (PM izquierdo) - Mujeres: MVBF de 9.51 ± 4.28 kg (incisivos), 34.87 ± 7.31 kg (PM derecho) y 35.94 ± 7.86 kg (PM izquierdo).
2	Koç D. y cols. 2011 ⁵⁰	Ensayo clínico	Determinar la fuerza de mordida máxima media en individuos con oclusión normal y examinar el efecto del sexo, dimensiones faciales, IMC, tipo de oclusión funcional y equilibrando las interferencias laterales	34 individuos entre los 19-20 años: 17 hombres y 17 mujeres	La fuerza de mordida es significativamente mayor en hombres que en mujeres, en los hombres mostraron correlación en la fuerza de mordida en las dimensiones faciales y no hubo correlación estadísticamente significativa en la IMC y tipo de oclusión funcional equilibrada.

3	Pizolato R. y cols. 2007 ⁵¹	Casos y controles	Evaluar la fuerza máxima de mordida en presencia de trastornos temporo-mandibulares (TMD) y bruxismo en adultos jóvenes.	- Grupo I: adultos entre los 19 y 31 años con TMD y bruxismo (12 mujeres y 7 hombres) - Grupo control: 19 adultos sanos entre los 19 y 31 años	Las mujeres que presentaban TMDB presentaron valores más bajos en la MBF en comparación con los presentados en los hombres TMDB y en el grupo control.
4	Takaki, P. Y cols. 2014 ³²	Ensayo clínico	Analizar la fuerza máxima de mordida (MBF) de los sujetos de acuerdo con el grupo de edad.	100 individuos divididos en grupos según la edad y sexo.	Hasta el final de la adolescencia, se observó una disminución de la MBF en ambos sexos, la fuerza masculina fue mayor que la fuerza femenina. En los adultos jóvenes, la fuerza femenina se hizo mayor que la de los hombres, luego disminuyó en la edad adulta.
5	Calderon PS. Y cols. 2006 ⁵²	Ensayo clínico	Evaluar la influencia del género y el bruxismo en la fuerza máxima de mordida	118 individuos - Grupo I: mujeres no bruxistas - Grupo II: hombres no bruxistas - Grupo III: mujeres bruxistas - Grupo IV: hombres bruxistas	- Mujeres no bruxista: fuerza de mordida más alto es de 834.6 N y el más bajo de 165.7 N - Hombres no bruxista: fuerza de mordida más alto es de 893.4 N y el más bajo 337.4 N - Mujeres bruxistas: valor más alto 656.1 N y el más bajo de 108.9 N - Hombres bruxistas: valor más alto 999.3 N y el valor más bajo 262.8 N

6	Chimendes LH. 2013 ⁵³	Tesis de grado doctorado	Construir un gnatodinómetro con interfaz de computadora para analizar y comparar la fuerza de los músculos de la masticación para medir la fuerza de mordida en la región de los incisivos.	- Grupo I: 5 mujeres y 5 hombres entre los 20 y 60 años con cualquier trastorno temporomandibular - Grupo II: 5 mujeres y 5 hombres entre los 20 y 60 años sin síntomas de trastorno temporomandibular	La fuerza de mordida para el primer grupo fue de 137.82N para las mujeres y 190.67N para los hombres y para el segundo grupo fue de 196.91N para las mujeres y 239.53N para los hombres.
7	Amid R. y cols. 2018 ⁵⁴	Ensayo clínico	Diseñar, fabricar y utilizar un circuito eléctrico simple portátil y eficiente para medir de manera confiable y reproducible la carga masticatoria.	50 mujeres y 50 hombres entre los 20-58 años. 100 sujetos	La fuerza máxima a masticatoria del lado derecho en hombres fue de 636.5 N y en las mujeres de 484.8N. Y para el lado izquierdo en hombres fue de 625.5N y en mujeres de 480.4N.
8	Curiqueo A. y cols. 2015 ⁵⁵	Ensayo clínico	Obtener datos reales sobre la fuerza masticatoria máxima funcional a nivel molar, premolar, canino e incisivo en adultos jóvenes.	25 mujeres y 25 hombres entre los 18 y 25 años	Hombres: molar derecho 705.40 N, izquierdo 690.72N. PM derecho 522.96N, izquierdo 510.24N. Canino derecho 347.72N, izquierdo 297.08N. Incisivo 220.24N Mujeres: molar derecho 475.64N, izquierdo 457.40N. PM derecho 434.00N, izquierdo 429.28N. Canino derecho 242.28N, izquierdo 221.76N. Incisivo 174.6N.
9	Santos A y Silva C. 2013 ⁵⁶	Ensayo clínico	Analizar la fuerza de mordida de pacientes candidatos a	23 mujeres y 16 hombre entre los 26 y 27 años	Fuerza de mordida anterior en promedio 9.1kg, lateral izquierdo 16.3 kg y

			gastroplastia	39 pacientes	lateral derecho 14.0 kg.
10	Karakis D y Dogan A. ⁵⁷	Ensayo clínico	Evaluar la contribución relativa de la actividad del bruxismo a la morfología craneofacial de pacientes bruxistas con signos y síntomas del trastorno temporomandibular (TMD), y también para comparar la fuerza máxima de mordida entre bruxistas y no bruxistas según el género.	14 estudiantes con bruxismo y 14 estudiantes sin bruxismo.	Se encontró la fuerza de mordida máxima media 43,83 y 33,62 kg para hombres bruxistas y mujeres, respectivamente. No hubo significantes diferentes valores de fuerza de mordida entre mujeres bruxistas y no bruxistas (P50.736, P.0.05), mientras que los hombres con bruxismo revelaron resultados estadísticamente significativos, valores de fuerza de mordida más altos que los sujetos no bruxistas
11	Rane V y cols. 2016 ⁵⁸	Estudio de corte transversal	Evaluar la fuerza máxima de mordida voluntaria (MVDF) en la población india con oclusión normal y después del tratamiento de fractura del ángulo mandibular.	20 hombres y 2 mujeres (14 pacientes entre los 20 y 30 años, 3 pacientes entre 30 y 40 años y 5 pacientes entre 40 y 60 años) 22 pacientes	En el grupo control la media en hombres fue entre 11.57kg y 51.64kg. Y en mujeres fue de 10.03kg a 34.67kg. En el grupo tratante en hombres en la primera semana fue de 3.22kg y en mujeres de 3.13kg. Y en la semana 12 en hombres fue de 27.79kg y en mujeres de 26.00kg.
12	Campiño y cols. 2019 ⁵⁹	Ensayo clínico	El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia disponible para la asociación entre fuerzas oclusales	14 artículos de texto completo	Los estudios transversales informaron una asociación significativa entre las discrepancias

			traumáticas y periodontitis.		oclusales y la profundidad de sondaje y el nivel de inserción clínica. Los estudios de intervención informaron un efecto mínimo sobre la profundidad de sondaje y el nivel de inserción clínica después del ajuste oclusal en pacientes con periodontitis en comparación con los dientes sin ajuste oclusal.
13	Gonçalves T y cols. 2011 ⁶⁰	Estudio de corte transversal	Investigar el papel de la fluctuación de las hormonas sexuales en la fuerza oclusal máxima en mujeres sanas.	60 mujeres entre los 23 y 27 años	La MOF en el primer ciclo en fase menstrual fue de 460.54N, en la fase folicular de 475.44N, fase ovulatoria de 513.59N y fase luterl de 461.41N. en el segundo ciclo en fase menstrual fue de 459.56N, fase folicular de 464.85N, fase ovulatoria de 485.94N y fase luterl de 439.35N. Y en el tercer ciclo en la fase menstrual fue de 444.26N, fase folicular de 470.93N, fase ovulatoria de 476.62N y fase luterl de 431.90N.
14	Pereira T y cols. 2007 ⁶¹	Estudio de corte transversal	Medir la máxima fuerza de mordida en la región molar e incisiva entre sujetos con y sin signos y síntomas de trastornos temporo-	160 adultos con dentición natural. Entre 25 y 30 años.	Los resultados del estudio arrojaron valores en mujeres con y sin trastornos temporomandibulares (417 N – 390 N segment posterior y 142 N – 129 N

			mandibulares.		respectivamente en segmento anterior) y en hombres con y sin trastornos temporomandibulares (645 N – 607 N segmento posterior y 227 N y 177 N segment anterior respectivamente).
15	Abu Alhaija E. y cols. 2010 ²⁰	Estudio de corte transversal	Registrar la fuerza máxima de mordida oclusal (MBF) en estudiantes jordanos con tres tipos de rostro diferente: corto, medio y largo.	60 hombres y 60 mujeres con dentición natural	La MBF promedio en los adultos jordanos fue $573,42 \pm 140,18$ N. Los que tenían una cara corta tenían la mayor MBF ($679,60 \pm 117,46$ N), mientras que los tipos de cara larga tenían la MBF más baja ($453,57 \pm 98,30$ N) La cara corta tuvo la MBF más alta de 680 N, el tipo de cara larga el MBF más bajo de 454 N, y el tipo de cara promedio ancha MBF de 593 N.
16	Jansen van Vuuren L. y cols. 2020 ⁶²	Ensayo clínico	Medir la carga entre dos dientes opuestos directamente por medio de transductores de galgas extensométricas.	40 adultos con dentición natural	En los resultados del presente estudio se generaron 211 mediciones de fuerza de mordida máxima con este dispositivo en premolares y molares y se registraron valores entre 83,9 N hasta 1642,8 N, siendo la media 430,4 N.
17	Iwase M y cols. 2006 ⁶³	Casos y controles	Evaluar la fuerza de mordida, el área de contacto oclusal y	27 individuos con prognatismo mandibular (10	La fuerza de mordida y oclusal el área de contacto no alcanzó

			eficiencia masticatoria antes y después de la osteotomía sagital de la rama mandibular en pacientes con prognatismo mandibular.	hombres – 17 mujeres) y 27 individuos control (10 hombres – 17 mujeres)	los valores de los controles en los 2 años posteriores a la operación (sujetos control 1500 N – sujetos después de la cirugía ortognática 1000 N).
18	Apostolov N y cols. 2014 ⁶⁴	Estudio de corte transversal	Medir la fuerza máxima de mordida (MBF) en la dentición natural con la ayuda de un dispositivo de medición de fuerza: gnatodinamómetro, diseñado y construido especialmente para el propósito del estudio	80 estudiantes de odontología (35 hombres y 45 mujeres)	Los resultados de estudio arrojaron que la fuerza máxima de mordida fue mayor en los estudiantes varones (522 N hombres – 441 N mujeres), que en los dos géneros la fuerza máxima de mordida es mayor en la zona distal en comparación con la fuerza máxima de mordida en la región de centrales (130 N centrales hombres, 98 N mujeres – 353 N hombres, 218 N mujeres en posteriores).
19	Wang X y cols. 2013 ⁶⁵	Estudio de corte transversal	Registrar simultáneamente la fuerza de mordida, contactos oclusales y actividad electromiográfica de los músculos que cierran la mandíbula.	16 hombres con al menos 28 dientes permanentes y relación molar clase I	Se concluye por medio del método simultáneo de sistemas de registro para contactos oclusales, mordida fuerza y señales electromiográficas, que la máxima de fuerza de mordida podría lograrse con un submáximo nivel de actividad electromiográfica del músculo de cierre de la mandíbula en la relación intercuspal máxima bien

					equilibrada con el número máximo de contactos oclusales.
20	Zhou S y cols. 2017 ⁶⁶	Estudio de corte transversal	Determinar la asociación de fuerza máxima oclusal (HOF) con los signos de traumatismos oclusales y afecciones periodontales en pacientes con periodontitis.	30 pacientes adultos con periodontitis crónica no tratada.	Los resultados del estudio arrojaron una media en valores de HOF en intercuspidadación máxima, excursión lateral y protrusión utilizando el sistema T-Scan II los cuales fueron 89,5 N, 92,3 N y 90,7 N respectivamente. Los dientes que presentaron mayor HOF fueron los molares en los cuales se presenta mayor incidencia de bolsas periodontales e índice de sangrado, así mismo se observe mayor ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal en molares inferiores y mayor movilidad en molares superiores.
21	Romeed y cols. 2012 ⁶⁷		El propósito de este estudio fue investigar por medios del análisis tridimensional de elementos finitos (3D-FEA) biomecánica de las lesiones por abfracción en los caninos superiores bajo diferentes condiciones de carga.	Un diente canino superior humano, que fue extraído por motivos de ortodoncia, escaneado en un escáner de tomografía microcomputado (μ CT) (Skyscan, Kontich, Bélgica)	La carga lateral produjo tensiones máximas mayores que las cargas axiales, y los tejidos pulpaes, sin embargo, experimentaron niveles mínimos de tensiones.

4. DISCUSIÓN

4.1 Dispositivos de medición de magnitud de FMM

La fuerza masticatoria ha sido medida bajo diferentes métodos y bajo una gran variedad de dispositivos de registro. Es importante mencionar que hay gran variedad de dispositivos, pero no se tiene una clasificación precisa entre ellos, sin embargo, se distinguen principalmente 2 tipos de gnatodinamómetros:

- Basados en cambios de presión hidráulica: dispositivo digital compacto, el cual en su interior presenta un canal que permite la entrada y salida de líquido contenido en el dispositivo. Cuando el paciente muerde el fluido se desplaza por el canal, y se generan cambios de presión hidráulica, los cuales son captados por un manómetro también incorporado en el sistema. En el pequeño lapso de mordida, se registran 10 valores los cuales se promedian; y la fuerza masticatoria es la media de estos valores.
- Basados en transducción de tensión: consiste en dos platinas metálicas de mordida, las cuales se ubican entre ambas arcadas dentarias. La fuerza de mordida desarrollada entre ambas platinas es transmitida a un transductor de tensión, de tal forma que la fuerza es registrada mediante los cambios en la resistencia eléctrica de este. Es el gnatodinamómetro de mayor uso en las investigaciones.

De acuerdo con el análisis de los diferentes dispositivos, es posible afirmar que la FMM depende en gran parte del método de medición empleado⁴.

Los dispositivos de uso frecuente para medir fuerza masticatoria reciben el nombre de gnatodinamómetros, existen tres tipos de estos dispositivos entre los cuales encontramos: mecánico, este es el primer diseño de estos equipos el cual basa su funcionamiento en la elasticidad dada por un resorte, que presenta en sus dos extremos una punta, una de ellas va conectada directamente al equipo y la otra va estrechamente ligada al individuo que ejerce la fuerza. Hidráulico; estos manejan en su interior fluidos que hacen una contrafuerza a la presión ejercida en la oclusión. Y por último el digital, el cual en la actualidad es el más utilizado, este es de gran precisión y puede dar sus valores directamente en el dispositivo o por medio de una conexión a un software, un ejemplo de este dispositivo es el T- Scan el cual utiliza unas laminas delgadas que son sensibles a la presión el cual permite registrar la fuerza oclusal de los contactos en máxima intercuspidación, contactos prematuros, movimientos de lateralidad, protrusión y contactos de sobrecarga, este dispositivo está ligado a un software que registra los valores en una pantalla. Los valores de las fuerzas masticatorias dadas por estos equipos se darán en libras, Kg/fuerza o en Newtons.

Tabla 2. Dispositivos de medición de FMM y sus características

DISPOSITIVO	MARCA	CARACTERÍSTICAS
GNATODINAMÓMETRO DIGITAL	Kratos Industrial Equipment Ltd., SP, Brasil,	Dispositivo que genera valores de la fuerza de mordida en Kg/f, N y lb/f. Para ello se sirve de una galga extensométrica la cual calcula la fuerza de mordida al cerrar los maxilares y una estructura de viga en voladizo la cual funciona como base o apoyo
T-SCAN III	Tekscan Inc	Dispositivo que utiliza láminas delgadas sensibles a la presión ejercida para registrar la fuerza oclusal de contactos en máxima intercuspidad, graba la secuencia de aparición en el tiempo de estos, registra movimientos de lateralidad y protrusión, también contactos prematuros en oclusión céntrica, contactos en desbalance céntrico, excéntrico y contactos con sobrecarga, este se interconecta directamente a un software el cual por medio de una pantalla genera los datos analizados
MIOTOOL 200/400	Miotec	Dispositivo que por medio de accesorio USB como el sensor SDS 1000 refleja por medio de una pantalla los valores de activación motora y relajación muscular, puntos máximos de mordida al contraer los músculos faciales
MEDIDOR DE FUERZA OCLUSAL GM10	Nagano Keiki	Medidor de fuerza portátil que consiste en un manómetro hidráulico y un elemento de mordida hecho de un material de vinilo encerrado en un tubo de polietileno
SISTEMA DENTAL PRESCALE TIPO 50H	Occluzer FDP 703, Fuji Photo film Co, Tokio, Japón	Compuesto por una computadora Apple Macintosh personal con una carpeta especial y un software. Compuesto de una lamina
TRANSDUCTOR DE GALGAS EXTENSOMÉTRICA	Analog and Digital Instrumentation, Artech Transducers Pvt., Ltd.	Fabricado con un sensor de mordida de acero inoxidable de 5 mm x 10 mm de ancho y un indicador de carga digital basado en microcontrolador
TRANSDUCTOR DE FUERZA EN MINIATURA MODELO VLPB	Load Cell Central, Monroeton, PA, EE. UU.	Carcasas de acero inoxidable con altura de 4 mm y un diámetro de 12 mm, se obtiene la medida en kg..
GNATODINAMÓMETRO CON DOS GALGAS EXTENSOMÉTRICAS KFG -1-D16-11	Kyowa Electronic Instruments CO., LTD., Tokio, Japón	Presentaba 10 mm de altura y 10 mm de diámetro, registraba la fuerza en kg.

SENSOR DE FUERZA FlexiForce® A201	Tekscan, South Boston, Maryland, EE. UU.	De 0,2 mm de espesor con un área de detección circular de 9,53 mm de diámetro. Las tiras de metal y el sensor estaban rodeados por una cubierta de espuma suave para permitir que los sujetos ejercieran la máxima fuerza sin restricción.
SENSOR DE FUERZA FlexiForce® A401	Tekscan Inc., South Boston, USA	Este sensor es capaz de medir todo tipo de cargas y, por lo tanto, se considera como un medidor de tensión (para medir las cargas de flexión del sensor) y también como una celda de carga (para medir cargas verticales, Por lo tanto, puede absorber todo tipo de cargas aplicadas desde los dientes al sensor durante la masticación y muestra interacciones cuantitativamente en Newton (N).

Dentro de las desventajas entre los dispositivos anteriormente mencionados es que los sistemas digitales necesitan de un computador con software para su uso, algunos dispositivos necesitan de una posición específica del paciente para poder establecer la medida de FMM, no todos los dispositivos dan los valores de las FMM en Newton algunos los dan en Kg/f por lo que es necesario hacer la conversión para poder llegar a un consenso o promedio en general de todos los valores determinados. Y dentro de las ventajas los dispositivos hidráulicos son de fácil manejo a comparación de los dispositivos de galgas extensométricas ya que estos son sensibles a la presión por lo cual se pueden deteriorar o dañar, los valores que cada uno de estos dispositivos brindan son exactos y se pueden medir unilateral o bilateralmente y en especial el T-Scan marca el área de contacto oclusal en la posición intercuspal.

4.2 Valores mínimos y máximos de las FMM.

Manoj y cols., en 2018, realizaron un estudio en el cual se quiso medir la FMM en hombres y mujeres por medio de un gnatodinamómetro digital con galga extensométrica, tomando como referencia incisivos y primeros molares, los valores arrojados para los hombres fueron 17.62 ± 5.13 Kg (172 – 215 N) y en zona de molares 46.38 ± 13.33 (454 – 578 N) para el lado derecho y 49.10 ± 15.16 Kg (481- 629 N) para el lado izquierdo, y en mujeres los valores dados para zona de incisivos fue de 9.51 ± 4.28 Kg (93 -130 N) y en zona de molares fue en el lado derecho $34,87 \pm 7.31$ Kg (342 - 464 N) y en el lado izquierdo fue de 35.94 ± 7.86 Kg

(352 – 440 N)⁵. De la misma manera Amid y cols., en 2018 evaluaron la FMM tanto en hombres como mujeres en zona de primeros molares por medio de un gnatodinamómetro digital, dando como resultado en zona de molares del lado derecho en hombres la FMM fue de 636N y en el lado izquierdo fue 625N, y los valores obtenidos en mujeres para el lado derecho fue de 484N y para el lado izquierdo 480N; entre estos dos estudios se evidencia

una diferencia entre los valores de FMM en molares del lado derecho en hombres, lo cual posiblemente puede deberse a la diferencia en el rango de edad de los hombres evaluados, los hombres con mayor rango de FMM se encontraban entre 22 y 59 años a diferencia de los hombres con menor rango en estos valores los cuales se encontraban en un rango de edad entre 19 a 35 años⁶.

En el año 2013 Santos y Silva quisieron medir la FMM del sector anterior en 39 pacientes entre hombres y mujeres por medio de un gnatodinamómetro digital, en los cuales se obtuvo como resultado que la fuerza de mordida anterior promedio para la zona izquierda fue de 16.3 Kg (159 N) y en zona derecha fue de 14 Kg (137 N) sin obtener diferencia estadísticamente significativa entre los dos géneros⁷. Así mismo Curiqueo y cols., 2015 evaluaron por medio de un gnatodinamómetro de presión hidráulica (GM10) esta misma fuerza en el sector anterior obteniendo valores distintos entre hombres y mujeres, en hombres la FMM fue de 220 N y en mujeres 174 N. En cuanto a estos valores obtenidos podríamos inferir que los resultados de los dos estudios difirieron entre si teniendo en cuenta la cantidad de mujeres que se evaluaron en el estudio de Santos y Silva puesto que fue el 59% de la población a estudiar, a diferencia del estudio de Curiqueo el cual tuvo una proporción equitativa tanto de hombres como mujeres⁸. Los valores mínimos y máximos de

CRITERIO	RANGO EN NEWTONS	
	Mínimo	Máximo
Hombres	113.46 N ⁹	999.3 N ¹⁰
Mujeres	93.3 N ^{5,11}	834.6 N ^{10,11}
Molares	218 N ¹²	1642 N ¹³
Premolares	429.28 N ⁸	522.9 N ⁸
Caninos	221.76 N ⁸	347.7 N ⁸
Incisivos	89.2 N ^{7,14}	220.2 N ^{7,14}
Unilateral	89.5 N ^{9,10,12,13,15}	834.6 N ^{9,10,12,13,15}
Bilateral	297 N ^{5,6,7,8}	1396.12 N ^{5,6,7,8}

la FMM se encuentran descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Valores mínimos y máximos de FFM

Takaki y col, en el 2014 realizaron un estudio con el fin de evaluar si la edad de los participantes tenía influencia en la FMM para esto tuvo una población de 100 individuos con un rango de edad entre los 12 a 60 años, el cual se subdividió como preadolescentes entre el rango de 12 a 13,9 años, adolescente de 14 a 15,9 años, posadolescente de 16 a 19,9 años, adulto joven de 20 a 24,9 años y adulto de 25 a 60 años¹⁶. Los valores mínimos y máximos de la FMM se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. FMM Por grupo etario.

GRUPO ETARIO	MÍNIMO	MÁXIMA
PREADOLESCENTE	156 N ^{4,16,17}	333 N ^{4,16,17}
ADOLESCENTE	157 N ^{4,16,17}	285 N ^{4,16,17}
POSADOLESCENTE	148,7 N ^{4,16,17}	238 N ^{4,16,17}
ADULTO JOVEN	262 N ^{4,16,17}	552 N ^{4,16,17}
ADULTO	115 N ^{4,16,17}	304 N ^{4,16,17}

Para la posterior rehabilitación es importante conocer los rangos mínimos y máximos que presentan cada uno de los materiales ante las FMM, ya que cada material presenta diferentes características de composición y por lo tanto se comportan de una manera biomecánicamente diferente y su resistencia ante las fuerzas es variable. Las diferentes resistencias de los materiales se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Resistencia a la carga de materiales dentales restauradores.

MATERIAL	RESISTENCIA EN NEWTONS	
	Mínimo	Máximo
Disilicato De Litio	369.2 N ¹⁸	3.390 N ¹⁸
Feldespató	1.120 N ¹⁹	1.620 N ¹⁹
Zirconio	1.256 N ²⁰	7.260 N ²⁰
Resina convencional	1.750 N ²¹	2.732 N ²¹
Resina CAD-CAM	1.028 N ^{22,23}	3.378 N ^{22,23}
Cerómeros	867 N ²⁴	1.641 N ²⁴

4.3 Factores que influyen en la variabilidad de las FMM

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la revisión se evidencio que existen varios factores los cuales pueden influir en los valores de la FMM, entre ellos están: el género, la edad, el patrón oclusal, la posición en el arco, el tipo facial y el índice de masa corporal.

4.3.1 Género

Según el estudio de Curiqueo y cols., en el 2015 registraron valores de FMM mayores para la región molar en el sexo masculino de 698 N y valores menores para la región incisiva en el sexo femenino de 174 N los cuales fueron tomados con un dispositivo de presión hidráulica⁸. Manoj y cols. en el 2018 registraron valores aumentados en hombres con un valor de 172.79 N mientras que en las mujeres con un valor de 93.26 N valores tomados con un gnatodinamómetro⁵. Abu Alhaija, y cols. en el 2010 evaluaron la FMM en 30

hombres y 30 mujeres en donde los valores de los resultados arrojaron un promedio de fuerza de 599 N para hombres y 546 N para mujeres el cual fue registrado con un dispositivo de presión hidráulica²⁵. Esta diferencia según los autores con respecto a los valores de la FMM en cada género se debe a la musculatura y a las dimensiones faciales las cuales hacen que la fuerza sea mayor en hombres.

4.3.2 Edad

De acuerdo con los valores mostrados en la tabla 3, se puede observar que los valores de máxima fuerza de masticación disminuyen alrededor de los 35 años, en las mujeres esta disminución es más notable porque poseen una tasa de hormonas mucho más alta que los hombres por lo que la fuerza se reduce más rápidamente, se ha reportado que la FMM disminuye en mujeres después de los 25 años y en hombres después de los 45 años. Así mismo, se observa que en los preadolescentes la FMM es menor teniendo en cuenta factores como el recambio dental, una mayor prevalencia de caries y su etapa de crecimiento y desarrollo¹⁶.

4.3.3 Patrón oclusal

En cuanto al factor del patrón oclusal, según Abu Alhaija y col., en el 2010 los pacientes que tenían una guía canina presentaban un promedio de 645 N y los pacientes que presentaban una oclusión dinámica de función en grupo fue de 523 N, así mismo encontró que los individuos que presentaban contactos prematuros tuvieron registros de una mayor fuerza de mordida en comparación a los que no los presentaban, valores registrados de 677 N y 555 N respectivamente²⁵. Wang y cols., en 2013 describe que este fenómeno puede darse a que la FMM se origina debido a la contracción de los músculos elevadores de la mandíbula los cuales son impulsados por el sistema nervioso central durante el apretamiento dado que en los pacientes que presentan contactos prematuros los músculos se encuentran en mayor contracción y esta actividad muscular se va a ver reflejado en la carga o fuerza que puedan generar estos dientes²⁶. Según Iwase y cols., en el 2006, evaluaron la fuerza de mordida, el área de contacto oclusal y eficiencia masticatoria antes y después de la osteotomía sagital de la rama mandibular en pacientes que presentaban prognatismo, dentro de los resultados arrojaron que la fuerza de mordida y el área de contacto oclusal de los pacientes antes de la cirugía fueron significativamente menores que los de los controles²⁷.

4.3.4 Posición en el arco

Según Amid y cols., en el 2018 evaluó la FMM en el lado derecho e izquierdo donde se evidencio que en los hombres en el lado derecho fue de 636,5 N y en mujeres de 484 N y para el lado izquierdo en hombres de 625,5 N y en mujeres 480,4 N⁶. Santos y col., en el 2013 analizaron la fuerza de mordida en el lado izquierdo para hombres fue de 358.92 N y

en el lado derecho 444.24 N y para mujeres en el lado izquierdo 545.25 N y en el lado derecho 321.66 N⁷.

4.3.5 Tipo facial e índice de masa corporal (IMC)

El factor condicionante que corresponde al tipo facial, según Koç y cols., en el 2011 refieren que las dimensiones transversales faciales afectan en su mayoría a los hombres, en donde los hombres que presentan un rostro alargado van a tener una fuerza de mordida menor en comparación a los hombres de cara normal y los que presentan una cara cuadrada van a presentar una fuerza de mordida aumentada²⁸. Según Abu Alhaija y cols., en el 2010 encontraron una diferencia significativamente estadística al comparar personas con cara corta, promedio y alargada, en donde se encontró que las personas con cara corta promediaron valores más altos con respecto a las de cara alargada y los valores se encontraron entre 689 N y 236 N respectivamente²⁵.

En la literatura también se ha reportado que el índice de masa corporal puede tener una correlación positiva con el aumento de FMM reportando que se puede generar un aumento del 2,75% de esta fuerza²⁵.

4.3.6 Bruxismo

Calderon y cols., en el 2006 evaluaron la fuerza de mordida en mujeres y hombres bruxomanos y no bruxomanos (22 mujeres y 25 hombres no bruxomanos; 23 mujeres y 26 hombres bruxomanos), el mayor valor de la FMM en mujeres no bruxomanas fue de 454,3 N y el menor fue de 125,3 N; en hombres no bruxomanos fue de 590 N y el menor valor fue de 145,8 N; en las mujeres bruxomanas el mayor valor fue de 395,6 N y el menor fue de 138,5 N; en hombres bruxomanos el mayor valor fue de 584,5 N y el menor valor fue 185,6 N. De lo anterior se concluye que la presencia de bruxismo no influyo en los valores de la FMM²⁹. Karakis y Dogan en el 2015 realizaron un estudio teniendo como población 14 estudiantes con bruxismo nocturno y 14 estudiantes sanos en los cuales midieron la FMM, los valores arrojados fueron en mujeres bruxomanas de 323,6 N, en mujeres no bruxomanas de 311,8 N, lo cual no se reportó como una diferencia estadísticamente significativa, a diferencia de los valores encontrados entre los hombres bruxomanos y no bruxomanos los cuales fueron 429,5 N y 299,1 N respectivamente, en donde se aprecia una diferencia estadísticamente significativa¹⁰. Sin embargo, al comparar estos valores con los dados en otros estudios de pacientes sin bruxismo, se encuentran en un rango de normalidad^{12,13}. En estudios como el de Pizolato y cols. en el 2007, evaluaron la fuerza máxima de mordida en presencia de bruxismo y trastornos temporomandibulares en adultos jóvenes, en donde los hombres con bruxismo presentaban valores de 415,8 N y mujeres con

bruxismo valores de 185,79 N comparado con hombres sanos con valores de 653,88 N y mujeres sanas con 463,54 N, concluyeron que la fuerza máxima de mordida se redujo en las mujeres con trastorno temporomandibular y bruxismo ya que presentaban más signos y síntomas, los hombres presentaron valores de fuerza máxima de mordida más altos que las mujeres, pero el trastorno temporomandibular y el bruxismo no disminuyeron la fuerza máxima de mordida³⁰.

4.4 Efectos a nivel periodontal y dental ante las FMM

Las fuerzas generadas durante las funciones orales, la parafunción y los contactos prematuros dan lugar a fuerzas de tensión significativas en el esmalte dental; una vez la carga aplicada y las tensiones producidas superan la tensión pueden provocar una lesión de abfracción que aparece como una lesión cervical en forma de cuña, por lo que si la FMM es repetitiva y continua podría causar este tipo de lesiones de lo contrario no afectaría los dientes³¹.

En cuanto a los efectos de estas fuerzas sobre el periodonto, Campiño y cols, en el 2019 realizaron una revisión sistemática en la cual se evidenció muy poca relación entre las FMM y efectos negativos causados en el periodonto³², mientras que en un estudio de Zhou y col, en el 2017 quienes evaluaron los parámetros periodontales y signos de trauma oclusal en 30 sujetos quienes presentaban periodontitis crónica no tratada y la asociación que esta tenía con la fuerzas oclusales determinaron que los dientes posteriores si reflejan condiciones periodontales asociadas al trauma oclusal lo cual puede aumentar el riesgo de destrucción periodontal mientras que para los dientes anteriores no se contaba con una alta evidencia para poder afirmar lo anterior³³. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando estas fuerzas ya sean funcionales o parafuncionales se presentan de una manera constante, se encuentran en relación con parámetros de oclusión traumática y superan la capacidad adaptativa del periodonto pueden generar ensanchamiento del ligamento periodontal, reabsorción ósea, frémito, movilidad dental progresiva, migración dental patológica y dolor. Hay que tener en cuenta que varios autores en esta revisión de Campiño y col., reportan que los tejidos periodontales no presentan una recuperación total después de realizar los debidos tratamientos para controlar el trauma oclusal y reestablecer la salud periodontal por lo tanto no se puede afirmar que estas fuerzas no produzcan alteraciones negativas en los tejidos periodontales³².

5. CONCLUSIONES

- Existen diferentes tipos de dispositivos para medir la FMM como los gnatodinamómetros y los más utilizados son: hidráulicos, mecánicos y digitales.

- Se determinó que los valores de la FMM se encuentran en un rango entre 89,2 N a 1642 N y que puede estar influenciada por factores como el género, edad, patrón oclusal, posición del diente en el arco, tipo facial e índice de masa corporal.
- El bruxismo no es un factor que influya en la FMM ya que los resultados encontrados en pacientes bruxomanos están en el rango de normalidad.
- La FMM no genera cambios en los dientes ni en el periodonto a menos de que estas sean de manera repetitiva y continua donde podrían causar lesiones en el área cervical como las abfracciones y en el periodonto ensanchamientos del ligamento periodontal, movilidad progresiva, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hatch J, Shinkai R, Sakai S, Rugh J, Paunovich E. Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Arch Oral Biol* 2001; 46:641-648.
2. Spranger H. Investigation into the genesis of angular lesions at the cervical region of teeth. *Quintessence Int.* 1995; 26(2): 149-154.
3. Cholewicki J., & Wolf S. W. Unit of measurement: Newton (N) versus kilogram force (kgf). *J Hand Surg Am* 1998; 23(5): 952.
4. Manns Freeso Arturo. Sistema estomatognático: Fundamentos clínicos de fisiología y patología funcional. 2ª Ed. Editorial Caracas Amolca; 2013
5. Manoj M, Pavan B, Venkatesh V, Vidya V. Evaluation of bite bite forces in healthy individuals. *Indian J Dent Adv* 2018, 10(3), 101-104
6. Amid R, Ebrahimi N, Kadkhodazadeh M, Mirakhori M, Mehrinejad P, Nematzadeh F, Dehnavi F. Clinical Evaluation of a New Device to Measure Maximum Bite Force. *Dentist case Rep* 2018, 2(2), 26-29
7. Santos A, Silva C. Bite force in patients who are candidates for gastroplasty. *ABCD Arq Bras Cir Dig*, 2013, 26(4):315 – 318
8. Curiqueo A, Salamanca S, Borie E, Navarro P, Fuentes R. Evaluación de la fuerza masticatoria máxima funcional en adultos jóvenes chilenos. *Int. J. Odontostomat*, 2015, 9(3):443-447
9. Rane V, Hamde S & Agrawal A. Development of computerized masticatory force measurement system. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 2016
10. Karakis D., Dogan A. The craniofacial morphology and maximum bite force in sleep bruxism patients with signs and symptoms of temporomandibular disorders. *Cranio*, 2015, vol. 33, no 1, p. 32-37.

11. Gonçalves TM, de Vasconcelos LM, da Silva WJ, Del Bel Cury AA, Garcia RC.. Influence of female hormonal fluctuation on maximum occlusal force. *Braz Dent J*, 2011 22(6):497-501.
12. Jansen van Vuuren L, Jansen van Vuuren WA, Broadbent JM, Duncan WJ, Waddell JN.. Development of a bite force transducer for measuring maximum voluntary bite forces between individual opposing tooth surfaces. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, (2020), 103846.
13. Pereira, L. J., Cenci, M. S., Bonachela, W. C., & Del Bel Cury, A. A. Maximal bite force and its association with temporomandibular disorders. *Brazilian dental journal*, (2007) 18(1), 65-68.
14. Chimendes LH, desenvolvimento de um gnatodinamômetro digital para estudo e análise da força dos músculos da mastigação. Tese (doutorado) Universidade Estadual paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá 2013.
15. Apostolov, N., Chakalov, I., & Drajev, T. Measurement of the maximum bite force in the natural dentition with a gnathodynamometer. *MedInform*, (2014), (5), 70-73.
16. Takaki, P., Vieira, M., & Bommarito. Maximum bite force analysis in different age groups. *International archives of otorhinolaryngology*, (2014), 18(3), 272-276.
17. Palinkas, M., Nassar, M. S. P., Cecilio, F. A., Siéssere, S., Semprini, M., Machado-de-Sousa, & Regalo, S. C. H. Age and gender influence on maximal bite force and masticatory muscles thickness. *Archives of oral biology*, (2010). 55(10), 797-802.
18. Seydler, Bodo, et al. In vitro fracture load of monolithic lithium disilicate ceramic molar crowns with different wall thicknesses. *Clinical oral investigations*, 2014, vol. 18, no 4, p. 1165-1171.
19. Zesewitz T, Knauber A, Nothdurft F. Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: an in vitro study. *Int J Prosthodont*, 2014, vol. 27, no 3, p. 264-6.
20. Att W, et al. Fracture resistance of different zirconium dioxide three-unit all-ceramic fixed partial dentures. *Acta Odontologica Scandinavica*, 2007, vol. 65, no 1, p. 14-21
21. YAP, A. U., et al. Fracture resistance of compomer and composite restoratives. *Operative dentistry*, 2004, vol. 29, no 1, p. 29-34
22. Chen Ch, et al. The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dental Materials*, 2014, vol. 30, no 9, p. 954-962.
23. Shembish F, et al. Fatigue resistance of CAD/CAM resin composite molar crowns. *Dental Materials*, 2016, vol. 32, no 4, p. 499-509.
24. Mora B. Resistencia a la fractura del disilicato de litio vs cerómeros sometidos a fuerzas de presión verticales. 2016. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.

25. Abu Alhaija E, Al Zo'Ubi I, Al Rousan M, Hammad M. Maximum occlusal bite forces in Jordanian individuals with different dentofacial vertical skeletal patterns. *Eur J Orthod.* 2009; 32:71-77.
26. Wang, X. R., Zhang, Y., Xing, N., Xu, Y. F., & Wang, M. Q. Stable tooth contacts in intercuspal occlusion makes for utilities of the jaw elevators during maximal voluntary clenching. *Journal of Oral Rehabilitation*, (2013), 40(5), 319-328.
27. Iwase, M., Ohashi, M., Tachibana, H., Toyoshima, T., & Nagumo, M. Bite force, occlusal contact area and masticatory efficiency before and after orthognathic surgical correction of mandibular prognathism. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, (2006), 35(12), 1102-1107.
28. Koç D, Doğan A, Bek B. Effect of gender, facial dimensions, body mass index and type of functional occlusion on bite force. *J Appl Oral Sci.* 2011,19(3), 274-279.
29. Calderon PS, Kogawa EM, Lauris JR, Conti PC. The influence of gender and bruxism on the human maximum bite force. *J Appl Oral Sci* 2006, 14(6), 448-53
30. Pizolato R, Duarte M, Martins A, Trindade A. Maximal bite force in young adults with temporomandibular disorders and bruxism. *Braz Oral Res* 2007, 12(3), 278-83.
31. Romeed S, Malik R, Dunne S. Stress Analysis of Occlusal Forces in Canine Teeth and Their Role in the Development of Non-Carious Cervical Lesions: Abfraction. *International journal of dentistry* 2012 (8):234845
32. Campiño J. et al. Association between traumatic occlusal forces and periodontitis: A systematic review. *Journal of the International Academy of Periodontology*, 2019, vol. 21, no 4, p. 148-158.
33. Zhou, S. Y., Mahmood, H., Cao, C. F., & Jin, L. J. Teeth under high occlusal force may reflect occlusal trauma-associated periodontal conditions in subjects with untreated chronic periodontitis. *Chin J Dent Res*, (2017), 20(1), 19-26.