



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DIFERENCIA EN LA FUERZA DE MORDIDA ENTRE  
PACIENTES SANOS Y CON PUNTOS PREMATUROS DE  
CONTACTO E INTERFERENCIAS OCLUSALES,  
UTILIZANDO EL MEDIDOR DE FUERZA DIGITAL.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A   D E N T I S T A

P R E S E N T A:

MARÍA GUADALUPE SANTOS JIMÉNEZ

TUTOR: Mtro. NICOLÁS PACHECO GUERRERO

ASESOR: C.D. JULIO MORALES GONZÁLEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A Dios y a la Virgen de Guadalupe: Por darme la vida, por cuidarme, guiar mi camino y acompañarme en cada etapa de mi vida, por demostrarme que aunque el camino sea difícil con perseverancia y constancia todo es posible y que lo imposible solo cuesta un poco más de trabajo, por permitirme concluir esta meta que solo es el principio de mi vida profesional.*

*A la Facultad de Odontología y a mi Universidad por haberme cobijado y ser mi segundo hogar, por abrirme las puertas del conocimiento y el aprendizaje, pero sobre todo por todas las experiencias maravillosas que me brindo. ¡Muchas Gracias UNAM!*

*A mis cuatro padres: Porque sin ellos nada de esto habría sido posible.*

*A mi mamá María Jiménez, gracias por ser una mujer extraordinaria, por enseñarme a no rendirme y levantarme cada día con la frente en alto, porque a pesar de estar enferma jamás te has rendido y demostrarme que querer es poder, que se puede correr aunque no se tengas las fuerzas suficientes para caminar, por preocuparte y acompañarme en cada noche de desvelo, por apoyar mis locuras, por darme ánimos y esperanzas cada vez que creí que ya no había salida, por consentirme pero sobre todo por creer en mí. ¡Muchas Gracias!*

*A mi papá Nemesio Santos, gracias por ser un hombre valiente, ordenado y estricto, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Por la disciplina con la que siempre me guio ya que sin eso probablemente no estaría en este punto de mi vida, por darme lo mejor, pero sobre todo por enseñarme que la vida es difícil pero que los sueños se hacen realidad. ¡Muchas Gracias!*

*A mi tía Julia Jiménez: mi segunda madre, quien deposito su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar en ningún momento de mi inteligencia y capacidad, por enseñarme que el orgullo es bueno pero que a veces hay que bajar la cabeza y permitir que nos ayuden, por enseñarme el sentido de ayudar a los demás sin esperar nada a cambio, por ayudarme en todo lo que pudo y cuando más lo necesite. Pero sobre todo por darme ánimos y decirme que todo va ser mejor y que todo lo malo que he vivido será como un sueño, hoy puedo decirte que comienzo a despertar de ese sueño. ¡Muchas Gracias!*

*A mi tío Silverio Santos: mi segundo padre, por el apoyo que me has brindado, por creer en mí como estudiante y como dentista pero sobre todo por enseñarme que con disciplina, constancia, perseverancia y dedicación se pueden lograr todas las metas. ¡Muchas Gracias!*



A mis Padrinos **Andrés y Gloria** por creer en mí, por esas pláticas tan interesantes con las que he aprendido mucho y por acompañarme en este camino. A mi abuelo **Francisco Jiménez**, por hacerme reír, por cuidarme, por su sabiduría y por creer en mí. A mi abuelita **Arnulfa León**, que aunque ya no estés aquí me sigues cuidando y me acompañaste en cada momento como cuando era pequeña, porque sé que creías en mí a pesar de todas mis locuras y travesuras. ¡A todos mil Gracias!

A mi hermana mayor **Arisbeth**: la persona y la mujer más maravillosa que he conocido en mi vida, mi compañera, amiga y mi ejemplo a seguir, por acompañarme y enseñarme a ser perseverante y constante, a no rendirme jamás y ponerme los pies sobre la tierra y acercarme a la realidad, por esas noches de desvelo en las que nos acompañamos, por tantos secretos que en silencio compartimos, porque me conoces tal y como soy y me aceptas a pesar de todas mis faltas y aunque sé que posiblemente piensas que “no te queda de otra” SIEMPRE estás conmigo cuidándome y ayudándome aunque tratando de que no me dé cuenta, por enseñarme el valor de la amistad pero sobre todo por creer en mí y aceptar ser mi primer paciente en Cirugía, por todo y muchos más ¡Muchas Gracias hermana!

A mi hermanita **Lupita**: porque a pesar de todo me acompañas y me cuidas, por ser una personita extraordinaria que me cambió la vida, por apoyarme y compartir mis locuras, por las risas, y creer en mí aunque muchas veces yo no lo hiciera, pero sobre todo por ayudarme cuando más lo he necesitado, por ser mi amiga y compañera de muchas aventuras que solo nosotras conocemos y por acompañarme en este camino profesional, por aceptarme con todo y mis defectos y aun así quererme muchísimo, por eso y muchas muchísimas cosas más ¡Muchas Gracias!

A mis hermanos **Alexis y Miguel**, por apoyarme y creer en mí, por sus consejos y por todos los buenos momentos, pero sobre todo por acompañarme en este camino siempre cuidándome. ¡Gracias!

A mis amigas a quienes cabe destacar menciono por orden alfabético **Fanny, Kimberly y Mayte** quienes me acompañaron, sufrieron y apoyaron cada día de la carrera, por todas las risas, todas las lágrimas, las aventuras y las escapadas por todo muchas gracias, pocas personas en esta etapa de su vida pueden decir que encontraron verdaderos amigos, sin embargo yo lo puedo decir, aunque ellas no lo piensen así para mí lo fueron y lo siguen siendo. **Mayte** gracias por ser mi gran, mi compañera en cada momento de la carrera y de este camino profesional que apenas comenzamos, por quererme mucho a pesar de todo, por ser una persona increíble, por todas las risas y



*por todas nuestras EMOAVENTURAS, por presionarme y animarme para que me apurara en clínica ya que sin eso posiblemente no habría terminado mis trabajos ¡Te quiero Mucho!, **Fanny** gracias por siempre creer en mí, por caminar y compartir conmigo cada momento y por ayudarme en todo tanto emocionalmente como en los trabajos a lo largo de este camino, por darme ánimos y demostrarme que este mundo es diferente todo depende del cristal con el que se mire, por ser una mujer admirable, maravillosa y un ejemplo a seguir pero sobre todo por ser una excelente y gran amiga ¡Te quiero Mucho! Y gracias al **Dr. Porfirio Salazar** por brindarme mi primera oportunidad de trabajo.*

*A mi tutor el **Mtro. Nicolás Pacheco Guerrero**, por todas sus enseñanzas como profesor, por su sencillez, comprensión, constancia, dedicación, apoyo y el esfuerzo en la elaboración de este trabajo. ¡Muchas Gracias!*

*A mi asesor el **C.D. Julio Morales González**, por el apoyo, entusiasmo, constancia, dedicación y voluntad para la elaboración de este trabajo. ¡Muchas Gracias!*

*Al **Dr. Fernando Angeles Medina**, por el apoyo y voluntad en la elaboración de esta tesina. ¡Muchas Gracias!*

*A mi coordinadora la **Mtra. María Luisa Cervantes Espinosa** por la dedicación, constancia, comprensión y apoyo en la elaboración de mi trabajo y por todas las enseñanzas durante todo el seminario, ¡Muchas Gracias!*

*Agradezco al **Laboratorio de Fisiología** de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM por las facilidades otorgadas para la utilización del Medidor de Fuerza Digital del proyecto PAPIIT IT227511.*

*No digas no puedo si aún no lo has intentado...*

*Por mi Raza hablara el espíritu...*



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>.7</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.</b>	<b>9</b>
CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIDORES DE FUERZA MASTICATORIA.	9
❖ Definición de fuerza masticatoria.	9
❖ Basados en cambio de presión hidráulica.	11
❖ Basados en transducciones de tensión.	12
❖ Basados en cambios de frecuencia de vibración.	12
❖ Sistemas asistidos por computadora.	15
FACTORES CONDICIONANTES GENERALES DE LA FUERZA MASTICATORIA.	22
❖ Género.	22
❖ Edad.	23
❖ Tipo de alimentación.	25
❖ Grupos dentarios y lado de mordida.	26
❖ Posiciones mandibulares en el plano sagital.	28
❖ Posiciones mandibulares en el plano horizontal.	29
❖ Posición de la cabeza.	30
❖ Características esqueléticas y musculares craneofaciales.	30
FACTORES CONDICIONANTES ESPECÍFICOS DE LA FUERZA MASTICATORIA MÁXIMA	35
❖ Área o sección transversal y longitud de los músculos elevadores mandibulares.	35
❖ Soporte periodontal.	35
❖ Estado dental y oclusal.	36
❖ Tratamientos estomatológicos.	38
❖ Disfunciones temporomandibulares.	42
FUERZA, PRESIÓN Y FRECUENCIA MASTICATORIA.	44
❖ Variaciones de la magnitud de la fuerza masticatoria.	44
❖ Variaciones de la presión masticatoria.	45
❖ Número de golpes masticatorios.	49



<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b> . . . . .	51
<b>IV. JUSTIFICACIÓN.</b> . . . . .	51
<b>V. OBJETIVOS.</b> . . . . .	52
5.1 Objetivo General . . . . .	52
5.2 Objetivos Específicos . . . . .	52
<b>VI. MATERIAL Y METODOLOGÍA . . . . .</b>	<b>53</b>
6.1 Tipo de Estudio . . . . .	53
6.2 Población de Estudio . . . . .	53
6.3 Muestra . . . . .	53
6.4 Criterios de Inclusión . . . . .	54
6.5 Criterios de Exclusión . . . . .	54
6.6 Variables de Estudio . . . . .	54
Variable independiente . . . . .	54
Variable dependiente . . . . .	54
Variables de estudio (conceptualización y operacionalización) . . . . .	55
6.7 Aspectos Éticos . . . . .	55
6.8 Recursos . . . . .	56
❖ Humanos. . . . .	56
❖ Materiales. . . . .	56
6.9 Método . . . . .	56
<b>VII. RESULTADOS.</b> . . . . .	<b>63</b>
<b>VIII. DISCUSIÓN.</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>IX. CONCLUSIONES.</b> . . . . .	<b>68</b>
<b>X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS.</b> . . . . .	<b>70</b>





## I. INTRODUCCIÓN

La fuerza masticatoria y los factores que la afectan han sido objeto de diversas investigaciones y estudiados en varios experimentos de laboratorio debido a que su registro es fácil, no invasivo y por su utilidad como medida del estado funcional del sistema estomatognático, específicamente de la función mandibular. Existen varios factores que podrían modificar la fuerza masticatoria que van desde el género, la edad, el tipo de alimento, los trastornos mandibulares, la calidad de los dientes, los contactos dentarios, la fuerza muscular, entre otros factores.

La fuerza masticatoria es el efecto de la contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares que generan una fuerza moderada entre los maxilares en la que intervienen varios factores como los músculos masticadores, las articulaciones temporomandibulares, la longitud muscular. Está es llevada a cabo por los músculos elevadores mandibulares, que generan grandes fuerzas en distancias cortas y que es aplicada en los dientes rígidos, por ello es importante conocer los factores que la controlan en estado de salud y enfermedad del sistema estomatognático.

Para medir la fuerza masticatoria se han utilizado diversos métodos y varios dispositivos de registro, desde el Gnatodinamometro o medidor de fuerza masticatoria que fue el primer dispositivo capaz de registrar la fuerza oclusal descrito por Patrick y Dennis en 1982, hasta nuestros días, que con el avance de la tecnología se han tratado de mejorar estos instrumentos, con nuevos diseños con la finalidad de obtener registros más fiables y exactos.

Hasta el momento, no se han analizado con suficiente detalle la acumulación de fuerza y la distribución de los puntos de contacto durante la oclusión. En la actualidad en México existe otra opción para calcular la fuerza de mordida que además nos ayuda a obtener un correcto análisis oclusal, ya



que detecta puntos prematuros de contacto, es el Medidor de Fuerza Digital, desarrollado por el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Odontología de la UNAM que es un sistema asistido por computadora que muestra la oclusión mediante láminas sensibles a la presión revelando así puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales para poder calcular la fuerza de mordida, que en la práctica sirve para realizar ajustes correctivos a fin de lograr una armonía oclusal.

El propósito de este trabajo es evaluar la exactitud y fiabilidad de este método en pacientes sanos y con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales y verificar si la existencia de estos factores afecta la fuerza de mordida y las diferencias que puedan existir entre ellos y poder concluir si este método nos puede auxiliar en el diagnóstico de las anomalías oclusales y para efectuar un correcto ajuste oclusal.



## II. MARCO TEÓRICO

### CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIDORES DE FUERZA MASTICATORIA

#### ❖ Definición de fuerza masticatoria

La fuerza masticatoria es el resultado de la contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares, los cuales generan una fuerza intermaxilar medible y con la particular característica de ser un registro funcional, ya que junto con la actividad de los músculos mandibulares se encuentra influenciada por diversos factores, tales como: el estado fisiológico de la información sensorial proveniente de los diferentes receptores localizados en los dientes, en los músculos estomatognáticos y en las articulaciones temporomandibulares (mecanorreceptores periodontales/pulpaes; propioceptores musculares/tendinosos y articulares); la longitud muscular; la biomecánica mandibular y la sección transversal de los músculos<sup>1,2</sup>. Diferentes investigaciones han encontrado un gran rango de valores en la fuerza masticatoria que van desde un valor promedio de 727 N (Newtons) en hombres adultos jóvenes sanos<sup>3</sup>, hasta un valor de 114 N en niños con dentición mixta y mordida cruzada<sup>4</sup>.

Una de las primeras mediciones de fuerza masticatoria fue realizada en 1681 por el anatomista Borelli, colocó en una cuerda pesas a la altura de los primeros molares inferiores y midió el peso máximo que puede ser vencido por el cierre mandibular y registro una fuerza de 250 kg muy alta debido a que no solo calculo la fuerza de los músculos elevadores sino también la de los músculos cervicales<sup>1</sup>.

Existen otras técnicas para medir la fuerza masticatoria ya sea por registros intraorales como los transductores de tensión en dientes naturales o artificiales, los rieles metálicos que se fijan al maxilar superior o a la mandíbula y técnicas extraorales registradas con gnatodinamómetros.



La mayoría de los gnatodinamómetros están compuestos por dos platinas metálicas cubiertas por un material blando (un factor que podría modificar la medición de la fuerza masticatoria), ubicadas entre ambos maxilares, las platinas deben ser de un tamaño que permita la medición de la fuerza de masticación entre los dientes antagonistas, esta fuerza es enviada a un dispositivo de medición (fig.1)<sup>1</sup>.

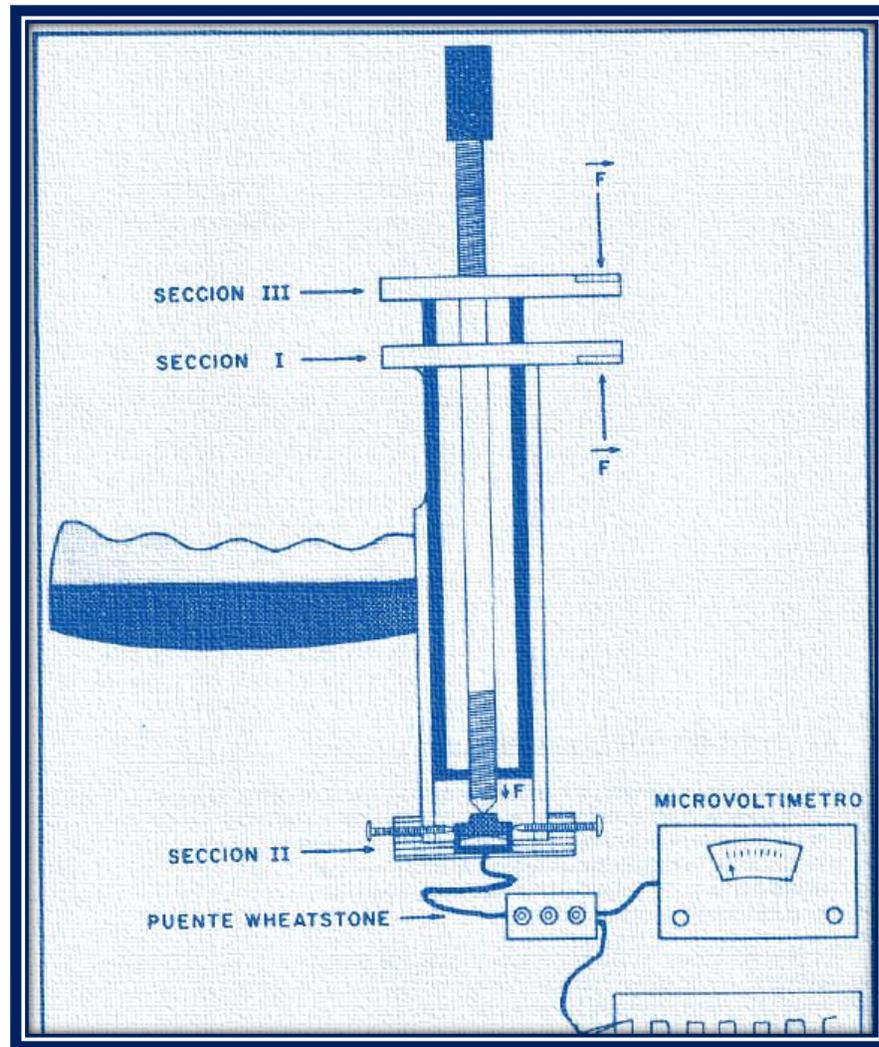


Fig.1 Representación esquemática de un corte longitudinal de un gnatodinamómetro que muestra las 3 secciones que lo componen: el puente Wheatstone y sus conexiones. Sección I = cilindro metálico hueco con la platina de mordida inferior; Sección II: base metálica con el transductor de tensión; Sección III = cilindro metálico introducido en la sección I con su vástago central y la platina de mordida superior.



A pesar de que existe una gran variedad de dispositivos para cuantificar la fuerza de mordida, no existe una clasificación de ellos. Sin embargo es posible distinguir principalmente tres tipos de gnatodinamómetro o medidores de fuerza masticatoria<sup>5</sup>:

#### ❖ Basados en cambios de presión hidráulica

Corresponde a un dispositivo digital compacto, el cual en su interior presenta un diagrama que permite la entrada y salida del líquido contenido en el dispositivo<sup>6,7</sup>. Cuando el paciente muerde el fluido se desplaza por este

diagrama, y se generan cambios en la presión hidráulica, los que son captados por un manómetro incorporado a este sistema. En el pequeño lapso de tiempo en el que el paciente muerde, se registran 10 valores, los cuales se promedian; la fuerza masticatoria o de mordida corresponde a la medida de estos valores (fig. 1, 2)<sup>5</sup>.



Fig.1 Occlusal or bite force-meter, basado en cambios de presión hidráulica.

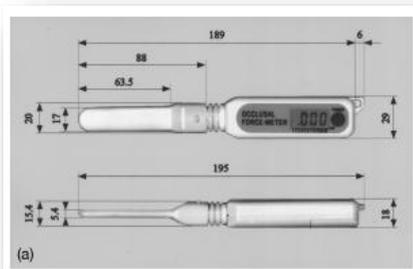


Fig.2 El medidor de fuerza oclusal utilizado para medir la fuerza de mordida en la región del primer molar a) el indicador de fuerza oclusal, b) aplicado en el primer molar.

### ❖ Basados en transducciones de tensión

Este gnatodinamómetro o medidor de fuerza masticatoria, consiste esencialmente en dos platinas metálicas de mordida, las cuales se ubican entre ambas arcadas dentarias<sup>8, 9</sup>. 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 éste (fig. 2)<sup>5</sup>. Es el gnatodinamómetro de mayor uso en las investigaciones<sup>10</sup>.

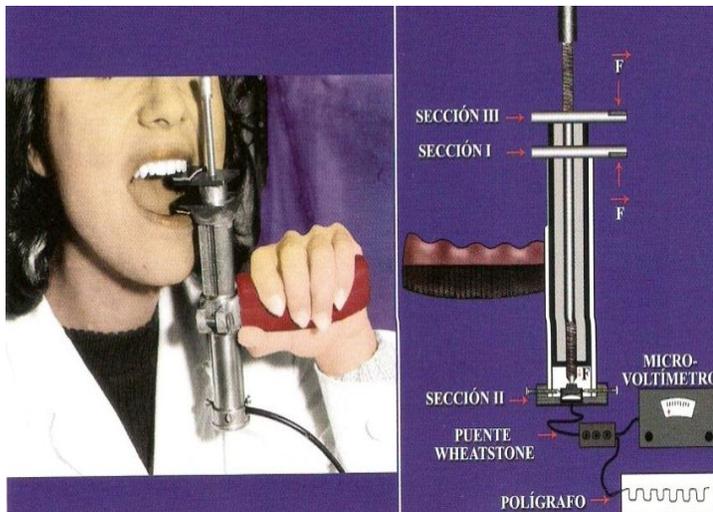


Fig.2 Gnatodinamómetro o medidor de fuerza de mordida basado en transductores de tensión. Con este dispositivo de medición se permite además variar la dimensión vertical, separando o ajustando las platinas de mordida superior e inferior, mediante el tornillo sinfín central.

### ❖ Basados en cambios de frecuencia de vibración

Este sistema de registro tiene la gran ventaja experimental de poder medir la fuerza masticatoria sin necesidad de usar un dispositivo de medición intraoral; consiguientemente no interfiere con la oclusión dentaria, puesto que no hay necesidad de interponer platinas o superficies de mordida del gnatodinamómetro entre los dientes a medir. De esta forma es posible medir la fuerza masticatoria durante la deglución natural<sup>5</sup>. La fuerza masticatoria fue medida de tal forma, que fue registrada la amplitud de la frecuencia vibratoria entre la frente y el mentón<sup>11</sup>. Los cambios en la frecuencia de las vibraciones de un circuito eléctrico incorporado, las cuales son generadas por cambios



mecánicos (fuerza masticatoria), son captados por un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas (fig.3)<sup>5,11</sup>.

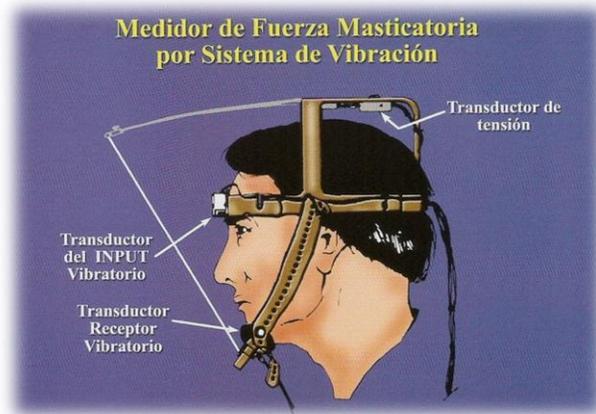


Fig.3 Gnatodinamómetro o medidor de fuerza masticatoria basado en cambios de la frecuencia de vibración, que al no interferir con la oclusión dentaria permite medir no solo la fuerza masticatoria entre ambas arcadas dentales, sino también durante la masticación natural o durante la deglución.

De acuerdo a la clasificación analizada de los diferentes dispositivos de medición de la fuerza masticatoria, se puede afirmar que los valores de fuerza masticatoria máxima registrados dependen en gran parte del método de medición empleado<sup>5</sup>. El diseño y la comodidad del instrumento de medición es de relevancia para obtener mediciones exactas de la fuerza mandibular<sup>5</sup>.

El diseño de varios dispositivos presentan superficies elaboradas con materiales muy duros y rígidos, lo que podría interferir en la obtención de datos exactos y reales ya que al pedirle al paciente que muerda sobre la superficie de mordida del dispositivo sentirá una sensación dura al contacto con las superficies dentales lo que podría activar fácilmente los mecanismos nerviosos reflejos que protegen la musculatura elevadora mandibular, además del miedo que le produce a algunos pacientes al morder cosas duras porque sienten que se les podrían fracturar los dientes.

En un reciente estudio, con una muestra de 35 personas adultas jóvenes sanas (14 hombres y 21 mujeres; con una edad promedio de 22.8 años), se midió la fuerza masticatoria máxima entre diferentes pares dentarios mediante un gnatodinamómetro con diferentes superficies de mordida: dura





versus blanda (fig.4) y (tabla 1)<sup>5</sup>. Se encontraron diferencias significativas en los valores de fuerza masticatoria máxima, observándose valores mayores con la superficie blanda<sup>5, 12</sup>.

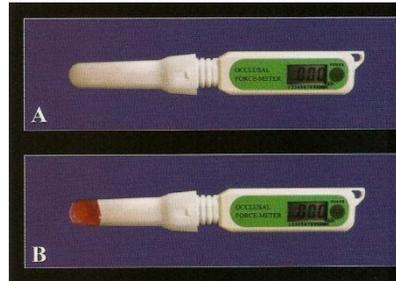


Fig.4 Gnatodinamómetro basado en cambios de la presión hidráulica bajo dos condiciones de superficie de mordida: A=superficie dura. B=superficie blanda.

	Superficie Blanda		Superficie Dura		Diferencias Estadísticas
	X	Ds	X	Ds	
<b>Grupo Dentario</b>					
<b>Incisivo</b>	225.5 ± 83.0		181.2 ± 78.4		44.2
<b>Canino-Premolar</b>	501.8 ± 127.7		447.0 ± 147.5		54.8
<b>Molar</b>	686.5 ± 157.2		646.9 ± 145.0		39.6

Tabla 1 Diferencias de fuerza masticatoria máxima (expresada en Newtons) entre superficie de mordida blanda y dura. X= Promedio, Ds= Desviación estándar.

Hoy en día se han realizado diversas investigaciones sobre los diferentes instrumentos de medición y la cuantificación de la fuerza masticatoria. Muchas de estas han sido de gran importancia para determinar la fuerza máxima voluntaria que puede realizar un individuo, la cual se ha denominado “Fuerza masticatoria máxima”, dentro de este término es importante diferenciar entre la “fuerza masticatoria máxima anatómica”, la que solo es un cálculo teórico de la potencia contráctil de los músculos elevadores calculada en base a la suma de las fuerzas teóricas máximas que podrían desarrollar estos músculos, basados en medidas aproximadas de la fuerza de





un músculo esquelético por unidad de área transversal, lo que nos indicaría que esta fuerza se encuentra en un rango entre 210 y 400Kgf (1 kilogramo-fuerza [kgf] = 9.80664999999998 newton [N]) ; y la “Fuerza masticatoria máxima funcional” que se refiere a la fuerza mandibular real medida en un individuo mediante un dispositivo de registro durante el apretamiento voluntario máximo, que como promedio esta entre 60 y 70 Kgf en adultos<sup>1</sup>. Lo que nos indica que la fuerza masticatoria máxima funcional es menor que la fuerza masticatoria máxima anatómica ya que no depende únicamente de la contracción máxima de los músculos elevadores mandibulares sino que hay otros factores que la afectan y la limitan.

“La fuerza masticatoria máxima funcional es igual a la fuerza masticatoria máxima anatómica menos la fuerza que es regulada o limitada por los mecanismos neuromusculares” (esquema 1)<sup>1</sup>.



Esquema 1 Fuerza masticatoria máxima funcional.

#### ❖ Sistemas asistidos por computadora

Para la obtención de la fuerza masticatoria es muy importante la forma en cómo se realiza la obtención de datos y la cantidad de componentes que incluyen para la presentación de resultados al usuario<sup>13</sup>. Existen tres diferentes formas de adquirir y procesar la señal de fuerza oclusal<sup>13</sup>. En la primera, es





necesaria la utilización de dispositivos de hardware comerciales como tarjetas de adquisición y equipos de amplificación, generalmente instaladas en computadoras convencionales<sup>14, 15</sup>. Todo esto implica varias desventajas por el costo, el sistema es de mayor peso y volumen lo que complica su transportación a otros sitios, por lo tanto la toma de registros se deberá hacer en el laboratorio.

En segundo lugar, se han reportado sistemas con los cuales es posible hacer registros de fuerza masticatoria en el lugar donde se encuentran los individuos<sup>16</sup>, el cual usa computadoras portátiles que deben tener los accesorios necesarios para llevar a cabo la medición<sup>15</sup>, como el sistema T-Scan, que utiliza un puerto USB como interfase de comunicación con una computadora portátil es un dispositivo fácil de usar, fiable en el diagnóstico clínico que detecta y analiza las fuerzas de contacto oclusales utilizando sensores desechables, cuenta con un sistema de administración de archivos de pacientes con todas las funciones (fig.5)<sup>17</sup>.



Fig. 5 Los componentes que se incluyen con el sistema USB de T-Scan III.



El software T-Scan III ofrece funciones que permiten al usuario:

- ◆ Registro de datos de contacto oclusal del paciente (fig. 6)<sup>17</sup>.

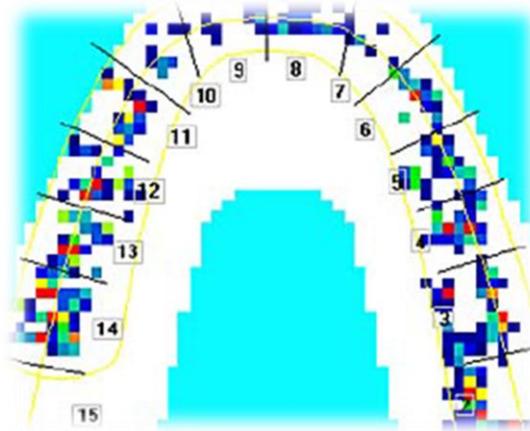


Fig.6 Muestra la imagen en forma de dos dimensiones, con diferencias en la fuerza oclusal representado por colores que van desde el rojo (mayor) a azul (la más baja). En esta pantalla se ve el resultado más cercano a la salida en bruto real del sensor, y en celdas individuales (cuadrados).

- ◆ Ver contactos dentales del paciente y asociarlos con los dientes específicos (fig.7)<sup>17</sup>.

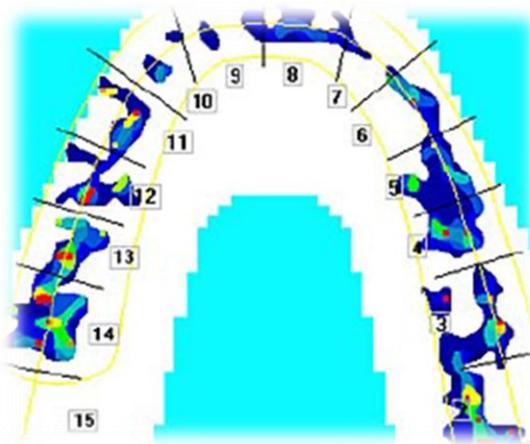


Fig.7 Este punto de vista más cerca se asemeja a la articulación de las marcas de papel.



- ◆ Analizar los datos, con las relaciones de fuerza y de tiempo de los contactos que se muestran como imágenes de contorno de color, imagen tridimensional (fig.8)<sup>17</sup>.

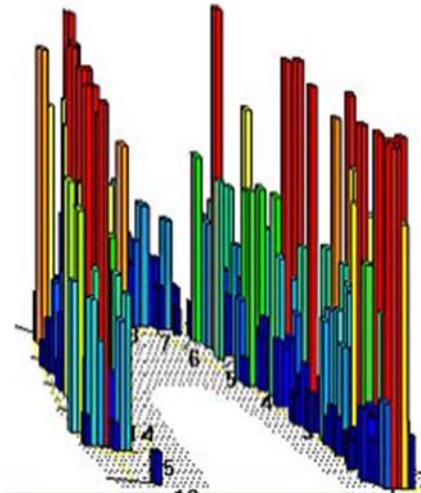


Fig.8 Muestra una imagen tridimensional, en la que las fuerzas de contacto más altas oclusales se muestran como picos relativos, o columnas. Las diferencias en la fuerza oclusal pueden ser distinguidos por los colores que van desde el rojo (mayor) a azul (el más bajo), así como por la altura de cada columna.

- ◆ Administrar los registros de pacientes y archivos de películas a través de la utilización de una base de datos<sup>17</sup>.

El sistema T-Scan III está compuesta por Microsoft (MS) basado en Windows T-Scan III software. El sistema permite copiar datos de contactos oclusales (como una imagen o un archivo de texto de valores de porcentaje de fuerza reales) y pegarlo en otras aplicaciones de Windows, o para imprimir esta información<sup>17</sup>.

El grupo de investigación en Bioingeniería, GIB, CES-EAFIT, desarrollaron un sistema de adquisición de datos que implicó, la recolección y conversión de una señal proveniente de un Gnatodinómetro, a una señal digital para posteriormente registrarla, almacenarla y visualizarla. Este dispositivo contiene todos los componentes de un sistema de adquisición de datos en una sola unidad con la diferencia que es de tamaño y peso menor que una computadora convencional e incluso que una computadora portátil, el costo es menor comparado con otros sistemas. Es un sistema electrónico que





procesa y almacena los datos de fuerza oclusal pero que evita el transporte y utilización de computadoras portátiles, esto sin perder la versatilidad y la seguridad en el momento de adquirir y almacenar la información, este sistema amplifico 4000 veces la señal del sensor, logrando una resolución de 150 gramos<sup>13</sup>, lo que resulto bueno teniendo en cuenta que los valores menores de fuerza masticatoria en máximo apretamiento en humanos se encuentran entre 2 y 10 Kg<sup>18</sup>. La calibración del Gnatodinamómetro conectado a este sistema de adquisición con un coeficiente de correlación de  $r=0.9997$  demostró linealidad y exactitud en la prueba de reproducibilidad en pacientes para las zonas evaluadas (incisivos y primer molar derecho) (fig.9 y 10)<sup>13</sup>.

Fig.9 Sistema de adquisición portable para determinar fuerza oclusal (SAPFO).

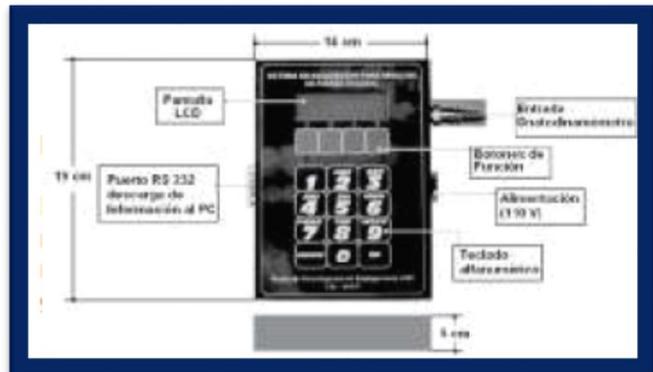


Fig.10 Paciente con el sensor en los primeros molares derechos.

En México el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Odontología de la UNAM desarrollaron un dispositivo llamado medidor de fuerza digital, el cual es un



sistema asistido por computadora que muestra la oclusión mediante láminas sensibles a la presión ( sensores y portasensores del sistema T-Scan III<sup>17</sup>) funciona de una forma similar al sistema T-Scan III, al hacer presión en los sensores, es decir, al pedirle al paciente que muerda en uno de estos sensores y con el dispositivo conectado a la computadora portátil se registran los puntos de contacto resaltando los puntos prematuros de contacto y de esta forma calcula la fuerza masticatoria de cada diente en forma aislada (fig.11).



Fig.11 Medidor de fuerza digital con sensor y porta sensor. <sup>FD</sup>

De la misma forma se pueden utilizar otros dispositivos para calcular la fuerza de mordida como en un reciente estudio en el que se registró usando un instrumento de medida piezoeléctrico personalizado, este instrumento consta de tres componentes, un sensor de fuerza de cuarzo (2.5 Kn (kilo Newton) ) integrado a un dispositivo de estabilización y medidor de carga con pantalla de cristal líquido<sup>19</sup>. La parte del sensor intraoral se modificó para su uso en la cavidad oral, se utilizó acero inoxidable en las dos placas (1.5 mm de grosor) <sup>19</sup>. El cable pasa a través de la brecha entre las placas con conexión al sensor de fuerza para medir la carga<sup>19</sup>. Los pacientes fueron sentados



cómodamente en posición vertical, la parte intraoral fue cubierta con una funda de plástico desechable y se coloca en la zona del primer molar y un bloque de acrílico de la misma dimensiones se colocó en el lado contralateral para contrarrestar y equilibrar la fuerza, se pidió a los pacientes morder tan duro como les fuera posible, la lectura de la fuerza de mordida máxima se registró y se midió la fuerza de agarre del lado opuesto. La medición se lleva a cabo tres veces en cada lado, manteniendo un intervalo de 3 minutos entre cada medición para evitar la fatiga muscular y los resultados que se obtuvieron fueron  $(665.43 \pm 125.35 \text{ N})$  (fig. 12)<sup>19</sup>.

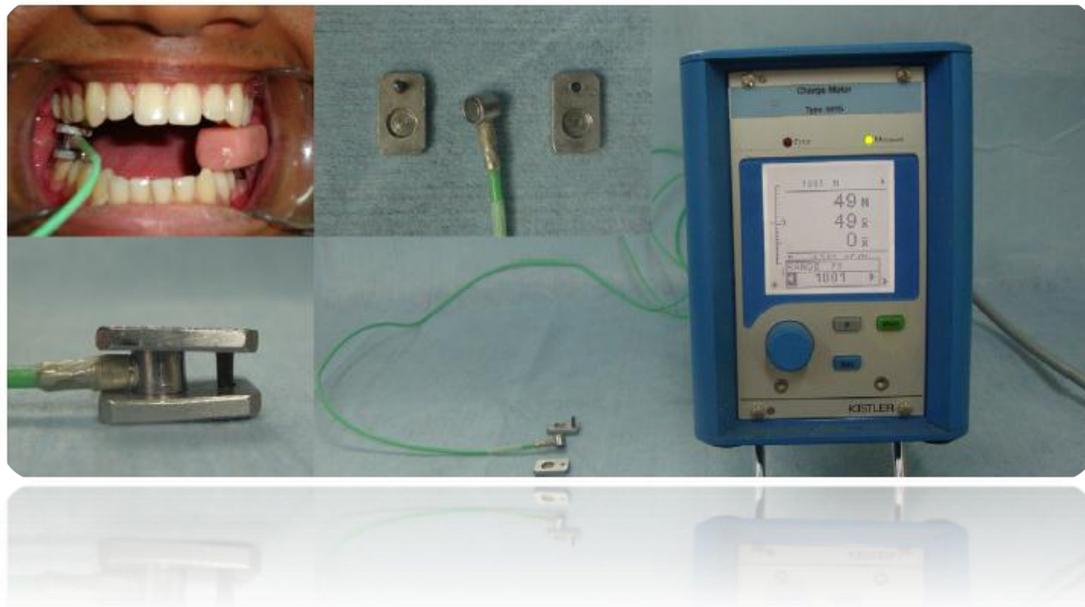


Fig.12 Instrumento de medición de fuerza de mordida: sus componentes y la colocación intra-oral.



## FACTORES CONDICIONANTES GENERALES DE LA FUERZA MASTICATORIA

Existen diferentes factores que influyen y pueden modificar las mediciones y los registros de la fuerza de masticación, por lo que en muchas investigaciones los valores de fuerza oclusal varían y esto se debe a que cambian de acuerdo con las características anatómicas y fisiológicas de cada paciente. Además junto con esto los resultados pueden variar dependiendo de la exactitud, precisión y características mecánicas de los sistemas para medir la fuerza de masticación. Algunos de los factores que pueden modificar el registro de la fuerza masticatoria son los siguientes:

### ❖ Género

Diversas investigaciones y experimentos han demostrado que la fuerza masticatoria máxima es mayor en hombres que en mujeres, tanto a nivel incisivo como molar. La mayor fuerza masticatoria en hombres, fue demostrada para diferentes grupos desde la infancia hasta los 25 años<sup>6, 7</sup>. El mayor potencial muscular de los hombres puede ser atribuido a sus diferencias anatómicas<sup>21, 22</sup>. Los músculos maseteros de los hombres tienen las fibras de tipo 2 que son de mayor diámetro y mayor área al contrario que en las mujeres<sup>23</sup>. Varios autores afirman que esto podría deberse a las diferencias hormonales entre mujeres y hombres<sup>23</sup>. Sin embargo, otros autores afirman que las diferencias en la fuerza masticatoria entre hombres y mujeres no son tan claras durante la infancia<sup>20</sup>. De la misma forma varios autores suponen que existe una diferencia significativa en la fuerza masticatoria entre hombres y mujeres hasta el periodo postpuberal y lo asocian a que en este periodo hay un mayor desarrollo de la masa muscular y una mayor capacidad física en los hombres. Fig.13<sup>25</sup>.



Ferrario y cols. Registraron valores de fuerza masticatoria mayores en hombres lo cual atribuyen a que el tamaño dental es mayor y por lo tanto presenta áreas mayores de ligamento, lo que resulta en una mayor fuerza de mordida<sup>24</sup>.

Fig. 13 Cuerpos de mujer y hombre plastificados (Músculos).

#### ❖ Edad

Cuando un individuo crece y se desarrolla, aumenta el volumen de sus músculos entre ellos los músculos elevadores mandibulares y con ello la fuerza masticatoria resultante que va aumentando su magnitud. Este acontecimiento ha sido comprobado en diferentes estudios, en donde se analizan factores como la edad y el género en las mediciones de fuerza masticatoria máxima<sup>26-28</sup>.

A pesar de la diversas investigaciones, solo unos cuantos de estos estudios proporcionan valores reales y fidedignos de fuerza masticatoria medida entre varios grupos etarios. En un estudio comparativo de la fuerza masticatoria máxima molar e incisiva entre las denticiones, primaria, mixta y secundaria medida con un gnatodinamómetro basado en transductores de tensión y con superficie de mordida blanda se encontraron los siguientes resultados (tabla 1)<sup>5</sup>:



Dentición	Edad	Muestra	Fuerza masticatoria (Kgf) incisivos.	Fuerza masticatoria (Kgf) molares.
Temporal	4.7 años	22 niños	15.2 Kgf	31.1 Kgf
Mixta	11.5 años	24 adolescentes	20.6 Kgf	42.7 Kgf
Permanente	17.8 años	24 jóvenes	24.8 Kgf	56.3 Kgf

Tabla 1 Resultados obtenidos en un estudio comparativo de la fuerza masticatoria máxima molar e incisiva entre las denticiones, primaria, mixta y secundaria medida con un gnatodinámometro basado en transductores de tensión y con superficie de mordida blanda.

Las diferencias entre las mediciones fueron significativas, incluso en los grupos de dentición mixta y permanente los incisivos permanentes presentan próximamente el desarrollo total de la longitud radicular y periodonto de inserción, lo que contribuyó a que la carga incisal se distribuyera de manera similar en el área periodontal. Sonnesen y col concluyeron, que la fuerza masticatoria está relacionada con el desarrollo dentario y depende del número de dientes erupcionados y a la etapa de dentición en la que se encuentre<sup>20</sup>. Demostrando así que se incrementa la fuerza masticatoria máxima a mayores edades.

El proceso normal de envejecimiento puede causar la pérdida de fuerza en los músculos<sup>29</sup>. La fuerza de mordida aumenta con la edad y el crecimiento, se mantiene constante de alrededor de los 20 años, a los 40 o 50 años de edad y después disminuye<sup>30, 31</sup>. De la misma forma se ha reportado que la fuerza oclusal disminuye con la edad en las mujeres después de los 25 años y en los hombres después de los 45 años<sup>27</sup>.





Es importante mencionar que a medida que el ser humano envejece, la fuerza masticatoria disminuye, asociado a una disminución en la masa corporal y al deterioro de la dentición y por consiguiente la medición de la fuerza masticatoria es un parámetro para determinar el estado funcional del sistema estomatognático, esto es importante en las personas mayores ya que establece la manera en cómo se alimenta y su grado de independencia.

#### ❖ Tipo de alimentación

La musculatura mandibular también aumenta su masa y tonicidad y por lo tanto su capacidad de ejercer mayor fuerza si se le entrena. Se ha observado a lo largo de la historia que en los pueblos primitivos donde mastican alimentos más resistentes, fibrosos y duros, presentan valores mayores de fuerza masticatoria, incluso utilizan sus piezas dentales como herramientas de trabajo, a diferencia de las personas que viven en lugares donde los alimentos requieren menor esfuerzo, en donde los valores de fuerza masticatoria son menores<sup>1</sup>. Con lo que se puede decir que las personas que consumen alimentos blandos no utilizan toda su capacidad masticatoria a diferencia de las personas que consumen alimentos duros.

Berkhus y col seleccionaron dos grupos de 50 individuos cada uno (un grupo masculino y el otro femenino). Cada grupo tenía que masticar por una hora al día, durante 50 días cubos de cera de parafina, al finalizar el día 30 observaron que la fuerza masticatoria se incrementó en un 20 a 25% en los dos grupos pero después de dos semanas del término del experimento los valores de fuerza masticatoria volvían a sus valores iniciales<sup>32</sup>. De la misma forma se ha observado que en pacientes que suelen tener una masticación unilateral, presentan casi el doble de fuerza de masticación que en el lado contrario<sup>1</sup>.





### ❖ Grupos dentarios y lado de mordida

La fuerza masticatoria depende de la ubicación anteroposterior en el arco dental, ya que al medir la fuerza masticatoria, la fuerza crece a lo largo de la arcada desde los incisivos hasta el primer molar (fig.14)<sup>5</sup>. La fuerza masticatoria más alta se registra a nivel del primer molar y la menor fuerza a nivel de los incisivos.

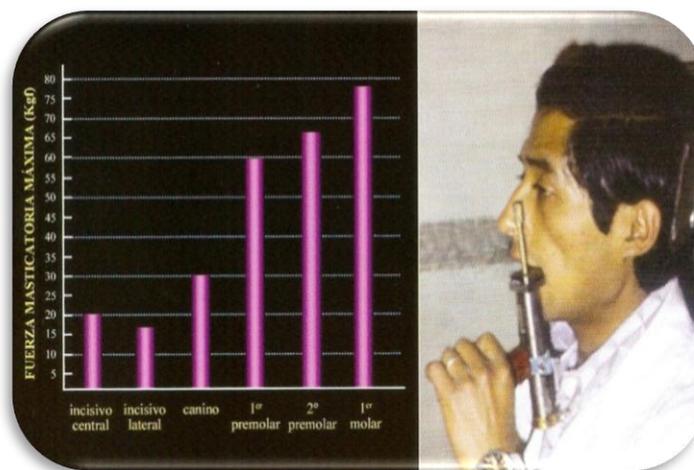


Fig. 14 El gráfico de barras muestra los valores de fuerza masticatoria máxima medida anteroposteriormente a nivel de diferentes pares dentarios con un gnatodinamómetro basado en transductores de tensión. Se observa cómo crece la fuerza a lo largo de la arcada dental desde los incisivos hasta el primer molar.

La distribución de la fuerza masticatoria depende de tres factores: un factor neurofisiológico (los dientes anteriores presentan menos umbrales mecanosensitivos y mayor densidad de mecanoreceptores periodontales, resultando cargas dentales menores (fig. 15)<sup>5</sup>). Otro factor es el biomecánico ya que la mandíbula funciona como una palanca de tercer orden, porque la acción de fuerza de los músculos elevadores se ubica en el punto de mordida. Es así, que en el sistema musculoesquelético mandibular, la longitud



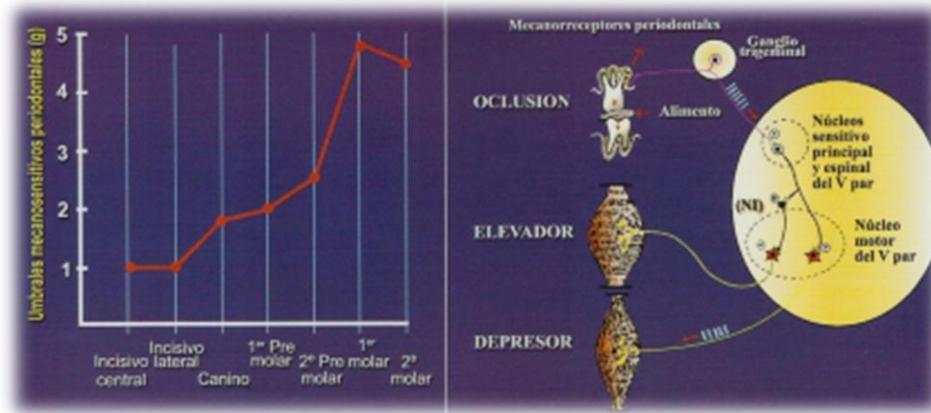


Fig.15 La gráfica izquierda muestra los umbrales mecanosensitivos periodontales pasivos, registrados desde los incisivos a molares. El esquema de la derecha muestra el mecanismo mecanosensitivo periodontal de inhibición elevadora mandibular ante altas fuerzas de mordida. del brazo de carga (distancia del fulcro al punto de mordida) supera a la longitud del brazo de palanca (distancia del fulcro hasta la línea de acción del músculo), por lo que el sistema masticatorio genera menos fuerza cuanto más largo sea el brazo de carga en relación con el de palanca, esto más el factor neurofisiológico explica por qué la fuerza masticatoria máxima a nivel de los incisivos es menor, es decir, que entre más anterior se coloque el gnatodinamómetro la fuerza será menor y viceversa (fig.16)<sup>5</sup>.

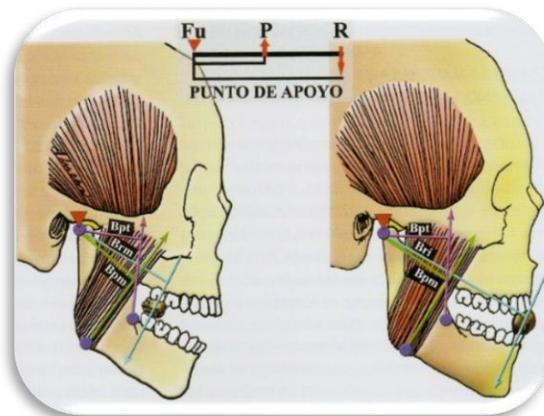


Fig. 16 Representación del sistema músculo-esquelético mandibular en el plano sagital como una palanca de 3er orden (Fu: fulcrum o centro de rotación; Fu-P: brazo de palanca; FU-R: brazo de carga): obsérvese que cuando hay una mordida a nivel incisal, el brazo de resistencia incisal (Bri) es mayor que el brazo de resistencia molar (Brm) en una mordida molar.





La fuerza masticatoria máxima también depende del lado de mordida, es decir, si el registro es unilateral o bilateral. Se ha comprobado que la fuerza masticatoria máxima obtenida en apretamiento voluntario máximo unilateral es menor un 30% en comparación con un registro bilateral<sup>33</sup>. El que exista una mayor fuerza masticatoria bilateral puede deberse a que existe una mayor superficie periodontal en la que se distribuye la fuerza, una mayor estabilidad oclusal, una actividad muscular simétrica y una menor carga articular<sup>5</sup>.

#### ❖ Posiciones mandibulares en el plano sagital

Este factor condicionante de la fuerza masticatoria tiene una estrecha relación con la dimensión vertical o la distancia interoclusal y a diferentes longitudes de los músculos elevadores mandibulares, lo que significa que la fuerza de mordida varía de acuerdo al grado de separación que hay entre las arcadas y la longitud que presentan los músculos elevadores al momento del registro.

Manns y col, estudiaron la relación que existe entre la dimensión vertical, la actividad electromiográfica tanto del músculo masetero como del temporal y la fuerza masticatoria en pacientes sanos, con dentición natural completa y sin trastornos temporomandibulares<sup>8,9</sup>. Determinaron para cada sujeto una longitud óptima de los músculos masetero y temporal en la que estos músculos desarrollaron la mayor fuerza masticatoria pero con una menor actividad electromiográfica (fig. 17), la dimensión vertical de mayor eficiencia muscular, correspondió a un rango de separación interoclusal entre 13 y 21 mm en los diferentes sujetos estudiados, por ser la dimensión vertical de mayor magnitud de fuerza masticatoria ha sido denominada "Dimensión Vertical Óptima"<sup>5</sup>.

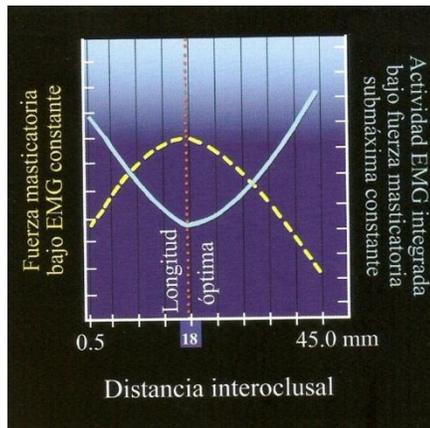


Fig.17 Correlación entre dimensión vertical (medida como distancia interoclusal en mm), actividad electromiográfica (EMG) del musculo masetero y fuerza masticatoria. Nótese que a una dimensión vertical óptima cercanamente a 18mm se registra la mayor fuerza masticatoria con la menor actividad EMG.

❖ Posiciones mandibulares en el plano horizontal

Leff demostró que algún cambio en la posición oclusal de la mandíbula tenía una influencia en la fuerza masticatoria máxima registrada, encontró los siguientes resultados (tabla 2) <sup>34</sup>:

Posición Mandibular	Fuerza Masticatoria (Kgf)
Máxima intercuspidadón	52 Kgf
Posición Lateral	10.8 Kgf
Protrusión	26 Kgf
Retrusión	8.7 Kgf

Tabla 2 Resultados obtenidos por Leff en las diferentes posiciones mandibulares en el plano horizontal.

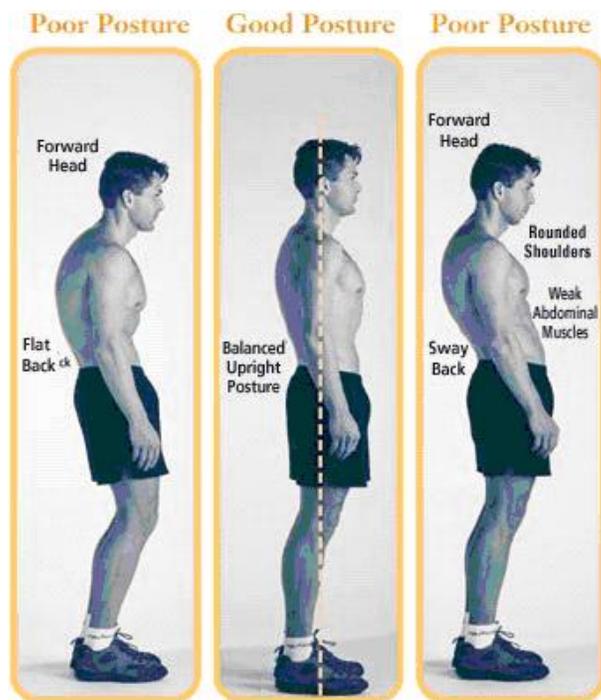
Estos datos indican que la propiocepción del sistema estomatognático limita la contracción de los músculos elevadores mandibulares de tal forma que protege las estructuras de las articulaciones temporomandibulares principalmente en las posiciones laterales y retruidas del cóndilo y protege a los dientes posteriores cuando ocluyen sobre las cúspides evitando fuerzas laterales excesivas<sup>5</sup>. Con estos resultados podemos decir que la fuerza masticatoria en máxima en intercuspidadón es mayor que la registrada en posiciones excéntricas.



### ❖ Posición de la cabeza

Helsing y Hagberg reportaron que existe una relación entre la fuerza masticatoria y la posición de la cabeza al momento de hacer el registro; encontraron en adultos sanos que la fuerza masticatoria es menor cuando la cabeza se encuentra con una extensión de 20 grados (27.8 Kgf) en comparación con su posición ortostática natural (32.9 Kgf) <sup>35</sup>.

En contraste con él, Kovero y cols., demostraron en adultos jóvenes que no existía una relación directa entre la posición de la cabeza y la fuerza masticatoria<sup>36</sup>. De la misma forma Sakaguchi y cols., estudiaron el efecto del cambio de la posición mandibular en la postura corporal y viceversa<sup>37</sup>. Estos



resultados indican claramente que un cambio en la postura corporal afecta la posición de la mandíbula y viceversa, lo que se relaciona con las posiciones mandibulares, ya que como se mencionó anteriormente una posición mandibular excéntrica produce valores de fuerza masticatoria menores en comparación con la posición de máxima intercuspidad. Fig. 18<sup>38</sup>.

Fig. 18 Posiciones corporales.

### ❖ Características esqueléticas y musculares craneofaciales

A lo largo del tiempo varios autores han demostrado que existe una relación entre la fuerza masticatoria y el crecimiento craneofacial que incluye una





relación entre la altura facial anterior y posterior, la inclinación mandibular y el ángulo goniaco por lo que se ha considerado que la fuerza masticatoria refleja el sistema de palanca de la mandíbula<sup>4, 30,31</sup>. Pereira y cols., encontraron una correlación entre la fuerza masticatoria y la inclinación mandibular; sus resultados concuerdan con otros estudios en los que el tipo de cara alargada ha sido asociada con valores bajos de fuerza masticatoria<sup>39, 40</sup>.

Bonakdarchian y cols., definieron tres tipos de forma facial (cuadrada, cónico piramidal y oval) sobre la fuerza masticatoria y mostraron que los hombres con forma facial cuadrada tienden a aumentar los valores de la fuerza masticatoria por las ventajas mecánicas para los músculos masticatorios que presentan como son el ángulo goniaco en estos sujetos fue aproximadamente de 90°<sup>40,41</sup>. Es así que los sujetos con una menor altura facial, ángulos goniacos con tendencia a ser rectos, paralelismos de plano oclusal con respecto a la base craneal, incremento en la masa muscular de los músculos masticatorios, personas con una forma facial cuadrada<sup>41</sup> o rectangular<sup>5</sup> generan una mayor fuerza muscular. A diferencia de sujetos con tendencia a una cara alargada que generan menor fuerza de mordida<sup>43</sup>.

En un estudio dirigido por el Dr. Manns se demostró la diferencia que existe en la fuerza masticatoria en sujetos adultos jóvenes sanos braquifaciales y dolicofaciales en el que los resultados obtenidos fueron (tabla 3)<sup>5</sup>:

Morfología Facial	Fuerza a nivel de incisivos (N)	Fuerza a nivel de los molares (N)
Braquifaciales	256.5 N	843.9 N
Dolicofaciales	159.5 N	532.4 N

Tabla 3 Resultados de fuerza masticatoria en sujetos braquifaciales y dolicofaciales.



Después de obtener estos resultados concluyeron que la fuerza masticatoria en los sujetos dolicofaciales es 62% menor en comparación con los braquicefálicos (fig. 19)<sup>5</sup>.

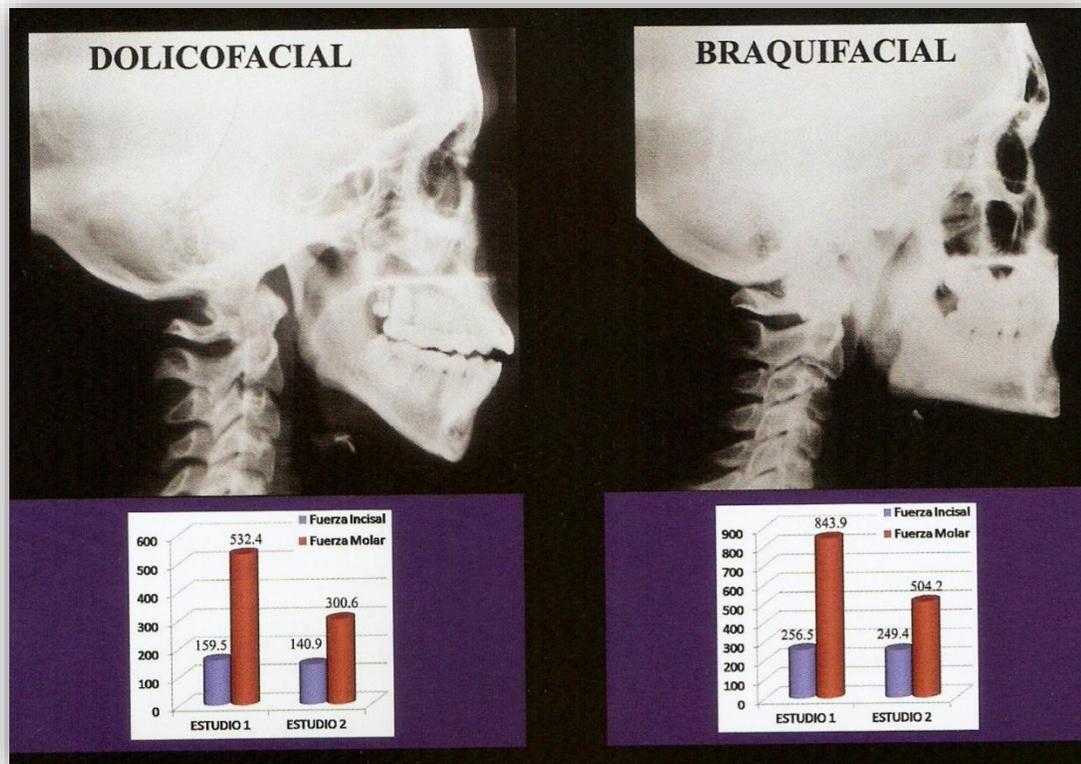


Fig. 19 Las gráficas de barras muestran los valores comparativos de fuerza masticatoria máxima medida tanto a nivel incisal como molar entre sujetos dolicofaciales y braquifaciales.

Cuando existe una rotación mandibular posterior y un ángulo goniaco más abierto, los brazos de palanca del músculo masetero y temporal disminuyen la eficiencia biomecánica del sistema musculo-esquelético mandibular y por lo tanto la fuerza masticatoria (fig.20)<sup>5</sup>.

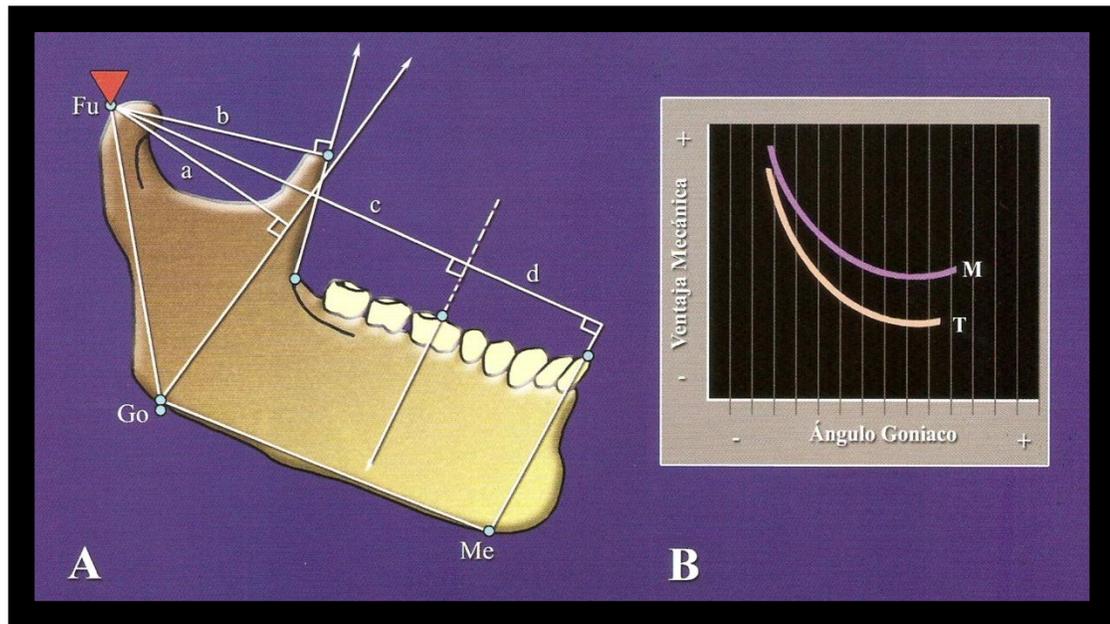


Fig.20 La ventaja mecánica responde a la fórmula  $VM = \text{brazo de palanca} / \text{brazo de carga}$ , que significa que mientras mayor es el brazo de palanca maseterino (a) y temporal (b) en relación ya sea con el brazo de carga molar (c) o incisal (d), mayor será la ventaja mecánica y también mayores serán los valores de fuerza masticatoria molar o incisiva registrados. En la imagen B se gráfica la relación entre el ángulo goniaco y la ventaja mecánica tanto para el músculo masetero (M) como para el temporal (T).

En diversas investigaciones se ha sugerido una relación entre la fuerza masticatoria y la masa muscular<sup>39, 40</sup>. Se ha demostrado que en pacientes braquifaciales (cara cortas) los músculos maseteros son más voluminosos que en sujetos dolicofaciales (cara larga), esto tiene relación con la magnitud de fuerza masticatoria que registra cada biotipo facial. El espesor de los músculos mandibulares se ha examinado mediante tomografía computarizada, resonancia magnética, ecografía, entre otros<sup>44</sup>. Hung-Huey refiere que la fuerza masticatoria tiene relación con las características de los músculos maseteros (principalmente el área transversal de estos músculos) analizados con tomografía computarizada y resonancia magnética<sup>45</sup>. Fig. 21<sup>5</sup>.



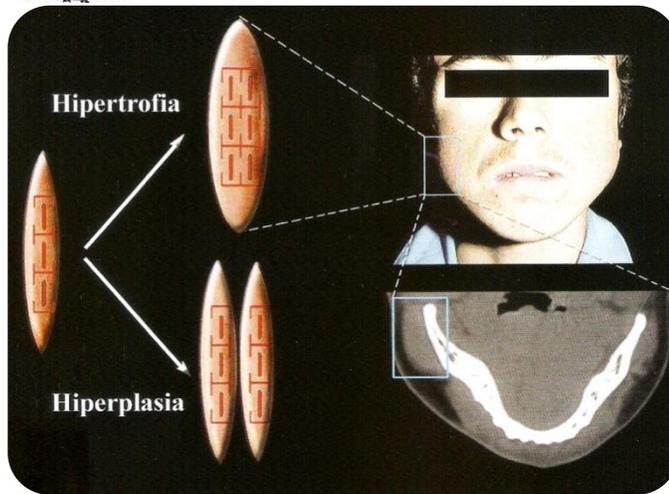


Fig.21 Sujeto que manifiesta una hipertrofia maseterina derecha, que se observa mejor en la imagen topográfica. El aumento de volumen del músculo se debe a un aumento en el número de sarcomeros en serie de sus fibras musculares, como se muestra de lado izquierdo.

En un estudio se reportó que niños dolicofaciales con dentición mixta tienden a presentar una fuerza masticatoria más baja<sup>42</sup>. Esto está de acuerdo con estudios realizados en niños mayores en donde la fuerza muscular estuvo asociada con el paralelismo entre las bases mandibulares, con alturas faciales cortas y con ángulos goniacos pequeños<sup>28, 46,47</sup>. En cambio se ha observado que en niños con dentición temporal y las dimensiones faciales no tienen relación con la fuerza muscular<sup>42</sup>. Lo que nos podría indicar que la relación entre la fuerza muscular, la forma facial y las características de los músculos puede consolidarse a partir del establecimiento de la dentición mixta tardía o permanente<sup>48</sup>.



## FACTORES CONDICIONANTES ESPECÍFICOS DE LA FUERZA MASTICATORIA MÁXIMA

Así como existen factores generales que condicionan la magnitud de la fuerza masticatoria máxima, también los hay específicos entre los que encontramos los siguientes:

### ❖ Área o sección transversal y longitud de los músculos elevadores mandibulares

Este es un factor específico que está relacionado con el número de sarcómeros en paralelo de cada fibra muscular que pueden estar en mayor o menor número, que constituyen la musculatura elevadora mandibular, específicamente la del músculo masetero<sup>5</sup>.

Los mecanismos neuromusculares periféricos o sensoriales se refieren a la regulación nerviosa que ejercen específicamente los receptores mecanosensitivos periodontales y los receptores propioceptivos articulares en la acción elevadora mandibular durante el registro de la fuerza masticatoria máxima en una posición de apretamiento voluntario<sup>5</sup>.

“La longitud muscular en el momento de la contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares” tiene relación con la longitud de sus sarcómeros y el traslape actomiosínico durante el registro de fuerza masticatoria<sup>5</sup>.

### ❖ Soporte periodontal

Las fuerzas originadas por los músculos masticatorios son controladas por mecanoreceptores del ligamento periodontal y su adaptación a la dureza de la comida depende de la información que envían estos receptores hacia el sistema nervioso central, por lo que un soporte periodontal reducido disminuye



el nivel del umbral de estos receptores, con lo que podría haber cambios en la fuerza masticatoria <sup>49-52</sup>.

Duygu y cols., señalaron que en una dentición restaurada con puentes sujetos a pilares bilaterales, la capacidad de la fuerza masticatoria está relacionada con el área del ligamento periodontal que soportan los pilares, lo que se explica por el hecho de que “los dientes se estabilizan juntos en una construcción relativamente rígida”<sup>31</sup>, de la misma forma un diagnóstico de periodontitis crónica disminuye significativamente la fuerza masticatoria<sup>52</sup>, la mayor disminución en la fuerza masticatoria se observa en sujetos con pérdida de la inserción periodontal de tres o más milímetros<sup>53</sup>. Por el contrario Morita y cols.<sup>54</sup>, y Kleinfeldt y cols.<sup>49</sup>, remarcaron que tiene poco efecto la situación periodontal en la magnitud de fuerza masticatoria. Estas diferencias pueden explicarse si se toma en cuenta el sitio de colocación de los sensores de fuerza, de la misma forma se ha demostrado que los molares resisten más compresión por sus ventajas biomecánicas y su gran área periodontal en comparación con los premolares o los dientes anteriores<sup>55</sup>. Por otro lado, se mostró que la fuerza masticatoria estuvo influenciada por la pérdida del ligamento periodontal en un grado moderado o severo y debido a que los pacientes al estar enterados de que su condición periodontal está reducida, inconscientemente limitan su capacidad de fuerza masticatoria<sup>51</sup>. “Paradójicamente, una excesiva fuerza masticatoria puede ser un factor de riesgo de destrucción periodontal”<sup>40,56</sup>.

#### ❖ Estado dental y oclusal

La fuerza masticatoria máxima se ve disminuida cuando se encuentran condiciones patológicas dentarias como lo es la caries, pulpitis, periodontitis y lesiones apicales<sup>5</sup>, aunque con algunos resultados contradictorios<sup>40</sup>, por ejemplo: Shiau y cols., comprobaron en pacientes adultos que presentaban caries dental que la fuerza masticatoria era más débil<sup>57</sup>, de la misma forma Hung-Huey y cols., encontraron una relación entre una fuerza masticatoria





disminuida y el número de dientes cariados en niños de 3 a 5 años<sup>58</sup>. En los dos estudios se concluyó que la fuerza masticatoria puede estar disminuida a causa del dolor de las piezas dentarias cariadas por la participación de sistemas reflejos<sup>40</sup>.

Mountain y cols., contrariamente a los dos estudios anteriores mostraron en niños de 3 a 6 años que la fuerza masticatoria no presentaba relación alguna con la presencia de caries dental<sup>59</sup>.

Varios autores coinciden en que el número de dientes presentes y el contacto oclusal si influyen en la fuerza masticatoria. En pacientes adultos se mostró que existía una relación entre el número de dientes presentes y la fuerza masticatoria; se observó que cuando los sujetos perdieron tres o más dientes posteriores la fuerza masticatoria disminuyó el 56%<sup>40,51,60</sup> y cuando los sujetos eran portadores de prótesis parcial removible o prótesis totales la fuerza de mordida disminuyó el 33.4%<sup>61</sup>. A pesar de eso, se ha comprobado que es más importante el número de contactos oclusales, que el número de dientes presentes al momento de registrar la fuerza masticatoria<sup>40, 62</sup>, “que cuando el área de contacto oclusal se duplica, la fuerza masticatoria incrementa del 30% al 100%”<sup>40,63</sup>.

“En niños de 7 a 13 años de edad se encontró que la fuerza masticatoria estaba significativamente asociada con el número de dientes erupcionados y con el número de dientes en contacto oclusal”<sup>28, 40,64</sup>. Esta relación puede explicarse porque al aumentar el número de contactos oclusales, estos permiten una mejor distribución de la fuerza masticatoria permitiendo que exista una mordida más potente<sup>55</sup>.

Otro factor sobre el que se ha estudiado es el tipo de oclusión dental ya que se ha estimado que la estabilidad oclusal permite obtener músculos más potentes y por consiguiente ejercen mayor fuerza masticatoria<sup>55</sup>, con lo que se



podría indicar, que una corrección de las mal oclusiones podría resultar en una mayor fuerza masticatoria.

Hung-Huey y cols., realizaron un estudio con niños que presentaban dentición temporal entre los que se encontraban niños con oclusión normal, mordida cruzada anterior, mordida abierta anterior, mordida cruzada posterior, protrusión maxilar y mordida profunda, en el que los resultados mostraron diferencias significativas en la fuerza masticatoria en los niños con oclusión normal a diferencia de los que presentaban maloclusiones<sup>45</sup>. Por otro lado Rentes y cols., en niños con dentición temporal y con oclusión normal, mordida cruzada y mordida abierta, compararon los registros de fuerza masticatoria y no encontraron diferencias entre ellos<sup>55</sup>.

En sujetos con dentición permanente y con distintos tipos de oclusión no se han encontrado diferencias en la fuerza masticatoria<sup>42</sup>, pero si en pacientes con protrusión maxilar y con la mordida abierta lo que se explica porque existen pocos contactos oclusales<sup>6</sup>.

#### ❖ Tratamientos estomatológicos

Otro factor por el cual se puede ver afectada la magnitud de fuerza de mordida son los tratamientos dentales, principalmente los tratamientos orientados a la rehabilitación. Mayaura y cols., realizaron una comparación de la fuerza de mordida en sujetos con prótesis total, prótesis parcial fija, prótesis parcial removible y dentición natural competente, en la cual obtuvieron los siguientes resultados (tabla 4)<sup>65</sup>:





Grupo de pacientes	Porcentaje de fuerza de mordida
Sujetos con dentición natural completa	100%
Pacientes portadores de prótesis parcial fija	80%
Pacientes portadores de prótesis parcial removible	35%
Pacientes portadores de prótesis totales	11%

Tabla 4 Resultados obtenidos en la comparación realizada por Mayaura y cols., en donde el grupo de sujetos con dentición natural completa representan el 100% de la Fuerza de Mordida, que es el porcentaje mayor de fuerza en comparación con los otros grupos.

Los sujetos con una dentición sana registran mayor fuerza masticatoria, que los pacientes portadores de prótesis parcial removible y prótesis total, en promedio este tipo de pacientes registran una magnitud de fuerza de mordida de aproximadamente 12 a 20 Kgf a nivel de los molares lo que en comparación con un sujeto con dentición natural completa representa solo de 20 a 40% de la fuerza total, lo que nos indica que para su masticación habitual utilizan la mayor parte de su fuerza masticatoria<sup>5,66,67</sup>. También es importante mencionar que la fuerza de mordida registrada en pacientes portadores de prótesis total, medida a nivel de los molares es mayor en comparación a la fuerza de mordida a nivel de los dientes incisivos. “Es de recalcar, que los menores valores de fuerza masticatoria máxima registrados en estos pacientes, es debido con toda seguridad a la pérdida de los mecanorreceptores periodontales, la sensibilidad mecanosensitiva o presoreceptiva detectadas con sus prótesis totales es proporcionada por receptores táctiles y de presión ubicados a nivel de la encía y paladar”<sup>5</sup>.





Los pacientes que son portadores de prótesis total por lo regular presentan problemas funcionales que tienen que ver con la falta de retención y estabilidad, sobre todo de la prótesis inferior, se ha reportado que la función masticatoria mejora cuando la prótesis total inferior esta soportada por implantes dentales. La fuerza masticatoria registrada en este tipo de pacientes es 60 a 80% mayor que la de los sujetos con prótesis total convencional<sup>5</sup>.

En un estudio se midió la fuerza de mordida en tres grupos de pacientes con prótesis total convencional de más de 6 meses de uso, con prótesis total convencional de 10 años o más de uso y con prótesis monomaxilar superior contra sobredentadura mandibular implantosoportada<sup>68</sup>. En los resultados se mostró que los pacientes portadores de prótesis mandibular implantosoportada registraron la mayor fuerza de mordida y que existían diferencias significativas entre los tres grupos<sup>68</sup>. “Con lo cual se concluyó que estas diferencias revelan la ventaja que tienen los implantes dentales en el mejoramiento de la fuerza de mordida”<sup>40</sup>. En otro estudio Fortijn y cols., hicieron una comparación entre pacientes con implantes, con sobredentaduras fijadas radicularmente, con prótesis totales y sujetos con dentición natural completa, para observar las diferencias en la fuerza de mordida que presentaban; en los resultados se observó que los pacientes con implantes dentales ejercieron mayores fuerzas de mordida en comparación con los pacientes portadores de sobredentaduras y los pacientes con prótesis totales, pero registraron fuerzas menores en comparación con los sujetos con dentición natural completa.

En niños de seis a nueve años con la pérdida temprana de los primeros molares, Serra y cols., estudiaron los efectos de la prótesis parcial removible sobre la fuerza de mordida, el registro se realizó antes de la colocación de la prótesis, a los seis meses y al año después de la rehabilitación, con lo cual observaron que existía una diferencia significativa entre el primer y segundo



registro pero no así con el tercer registro, con lo que se podría concluir que cumplen con su propósito clínico, ya que si bien es cierto no alcanzan los niveles de fuerza masticatoria que un sujeto con dentición completa sana pero si se muestra la importancia que tiene la rehabilitación sobre la fuerza masticatoria<sup>69</sup>.

De la misma forma se han estudiado los efectos que tienen otros tratamientos estomatológicos sobre la fuerza de mordida, como lo son los tratamientos de ortodoncia, en un estudio se comparó la fuerza de mordida en niños de 7 a 11 años con mordida cruzada unilateral antes del tratamiento de ortodoncia, inmediatamente después de él y después de la retención<sup>64</sup>. En donde se mostró que la fuerza de mordida disminuyó del primer al segundo registro pero incremento significativamente de la segunda a la tercera medición. Los autores concluyeron que la disminución inicial se debió a la degeneración de los axones del ligamento periodontal después del tratamiento de ortodoncia y a que el cóndilo y la fosa no estaban completamente adaptados a la nueva posición de la mandíbula, por otro lado el dolor remanente después del tratamiento reduce la contracción de los músculos elevadores mandibulares y el incremento posterior pudo deberse a la estabilidad oclusal lograda después del tratamiento que está asociada a la actividad de los músculos elevadores mandibulares<sup>40,64</sup>.

Respecto al tratamiento periodontal Arsu y cols., midieron la fuerza de mordida antes y después de la cirugía periodontal y observaron que esta se incrementó una semana después de la cirugía pero aumento significativamente de la 4<sup>a</sup> a la 12<sup>a</sup> semana al igual que disminuyó la movilidad dental<sup>40, 70</sup>.

También se ha estudiado la relación y los efectos del uso de una férula oclusal sobre la fuerza de mordida, en el que se encontró que en los pacientes con disfunción temporomandibular mordiendo con una férula y sin ella, la



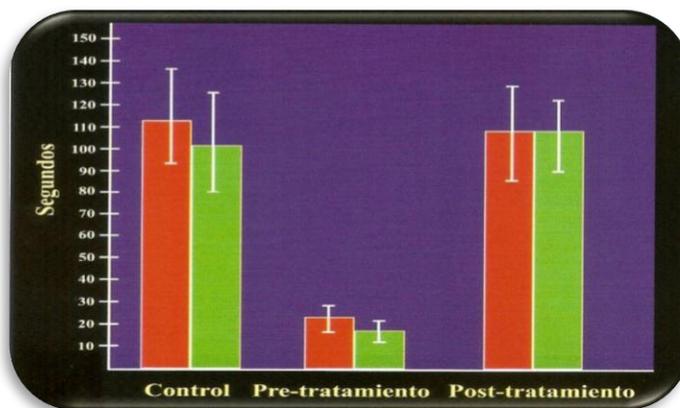
fuerza de mordida que registraban fue menor en comparación con las mediciones en pacientes asintomáticos, a quienes al colocarles una férula oclusal y debido al aumento de la dimensión vertical incrementaron aún más su fuerza de mordida<sup>10, 40</sup>.

Lo cierto es que la magnitud de la fuerza de mordida también puede afectar el éxito de algunos tratamientos estomatológicos, como en el caso de dentaduras, los implantes dentarios, prótesis fija, etc., por ello se ha insistido en la necesidad de identificar previamente a los pacientes que presentan esta condición, para que las restauraciones o prótesis sean diseñadas para resistir mejor dichas fuerzas<sup>40</sup>.

#### ❖ Disfunciones temporomandibulares

Pacientes con trastornos temporomandibulares por lo regular presentan valores de fuerza de mordida menores en comparación con sujetos sanos, esto debido al espasmo muscular y a las desventajas biomecánicas concurrentes, pero la fuerza contráctil suele recuperarse al remitirse la sintomatología disfuncional (fig. 22)<sup>5,7,31,40,41</sup>.

Fig. 22 Las gráficas de barras representan el tiempo de duración sostenida de la fuerza masticatoria máxima antes de alcanzar su disminución por fatiga muscular.



máxima antes de alcanzar su disminución por fatiga muscular. Se puede apreciar que los pacientes con trastorno temporomandibular (verde) asociado a desordenes musculares o de origen muscular, presentan un tiempo de duración muy inferior al del grupo de control sano(rojo) en cuanto al mantenimiento estable de la fuerza

masticatoria, y a la vez su recuperación funcional muscular mandibular post-tratamiento.





Esta relación es contradictoria en la literatura y puede ser dependiente de que tan severa es la disfunción temporomandibular en las muestras estudiadas<sup>40</sup>. En dos estudios se estableció que la causa de la limitación de la fuerza de mordida es el dolor muscular y articular<sup>23, 71</sup>. Chandu y cols., compararon sujetos adultos, un grupo de pacientes con disfunción temporomandibular y un grupo de control sano, a quienes se les realizaron registros de fuerza de mordida con la colocación de una férula oclusal y sin ella, y observaron que la fuerza de mordida fue más alta en el grupo de control en comparación con el otro grupo en ambos registros con y sin férula oclusal<sup>10</sup>.

En contraste con ellos, Pereira y cols., no reportaron diferencia alguna entre grupos de adultos con disfunción y grupos de control sanos, a lo que concluyeron que la fuerza de mordida no es afectada por la disfunción en sí misma, sino que puede ser causa del dolor y que no necesariamente causa una disminución de la función<sup>40,72</sup>. Por otro lado, Rudy y cols., encontraron que existía una relación entre el reporte del dolor articular y menor apertura mandibular con respecto a valores menores de fuerza de mordida máxima en pacientes con disfunciones temporomandibulares, las cuales mejoraron mediante terapia disfuncional y como resultado de esto se obtuvo un leve pero significativo aumento de la fuerza de mordida, aunque se mantuvo por debajo de los valores obtenidos en los sujetos sanos<sup>73</sup>.

Un factor que constantemente se asocia con los desórdenes temporomandibulares es el bruxismo, y durante mucho tiempo atrás se había asegurado que la fuerza de mordida era mayor en pacientes bruxistas que en los que no presentaban esta alteración, sin embargo en un estudio realizado por Cosme y sus colaboradores se concluyó que no existían diferencias entre ambos grupos y que este aumento de fuerza puede estar asociado a la severidad de bruxismo o a los criterios de diagnóstico empleados<sup>40,74</sup>.





## FUERZA, PRESIÓN Y FRECUENCIA MASTICATORIA

Si bien es cierto, la textura y la naturaleza de los alimentos tienen una importancia e influencia directa en los patrones masticatorios, por lo que el sistema sensorial masticatorio adapta al sistema estomatognático según las características del alimento, es por ello que se deben describir tres procesos que tienen a su cargo la regulación de la masticación de alimentos de diferente consistencia: variaciones de la fuerza masticatoria, variaciones de la presión masticatoria y número de golpes masticatorios<sup>5</sup>.

### ❖ Variaciones de la magnitud de la fuerza masticatoria

Howell y Brudevold, realizaron las primeras mediciones de fuerza masticatoria durante la masticación de diferentes alimentos, usando transductores de tensión en dientes artificiales, en los cuales examinaron “tres tipos de alimentos con diferentes propiedades físicas: el cacahuete, representando al alimento frágil y quebradizo; el coco al alimento fragmentable y desmenuzable, y las pasas al alimento resistente o fibroso”<sup>5</sup>, los resultados se obtuvieron de la suma de las fuerzas promedio en los premolares y primer molar que correspondieron a 3.7 kgf para el cacahuete, 4.1 kgf para el coco y 4.9 kgf para las pasas. La mayor fuerza que se midió fue de 7.2 kgf a nivel del primer molar durante la masticación de pasas<sup>5</sup>. Tiempo más tarde en otro estudio, se registraron fuerzas oclusales durante la masticación normal, a través de un transductor de tensión colocado en el interior de una incrustación de un molar (fig. 23), en donde los valores obtenidos sobrepasaban los 6 kgf, con un máximo de 1515 kgf, se observó que presentaban un incremento al final de la masticación. En contraste, Gibbs por medio de sistema de transmisión de sonido, determinó que la fuerza masticatoria habitual más alta es durante la fase oclusal de los ciclos masticatorios, y estaba en el rango de 20-25 kgf<sup>5</sup>.

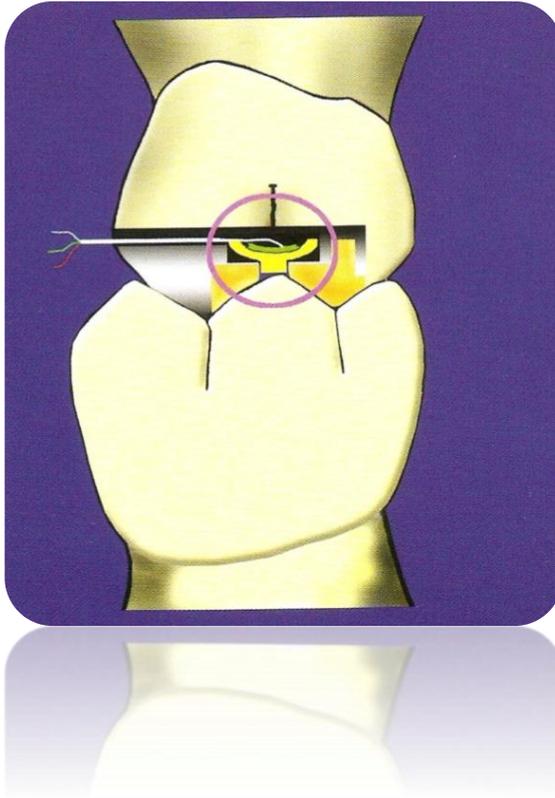


Fig. 23 Sistema de registro de las fuerzas oclusales durante una masticación habitual. Nótese el transductor de tensión incluido en el interior una incrustación metálica de un molar superior.

Shimada y cols., realizaron un estudio en el cual se examinó la relación que existía entre fuerza masticatoria y dureza de la superficie de mordida, se utilizó como material un disco de goma rotatorio compuesto por gomas de diversas rigidez y dureza. Las fuerzas oclusales más pequeñas se

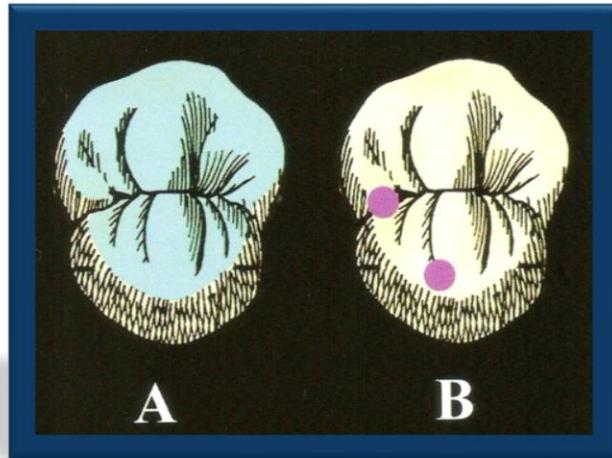
detectaron al masticar las gomas más blandas, y por el contrario al masticar las piezas de goma más duras las fuerzas masticatorias eran más elevadas<sup>5, 75</sup>.

#### ❖ Variaciones de la presión masticatoria

Para obtener una fuerza masticatoria determinada, “la presión que se ejerce sobre un alimento es función del área oclusal funcional que actúa en la trituración del mismo”<sup>5</sup>. Se define como “área oclusal anatómica a la superficie oclusal total de cada pieza dentaria y área oclusal funcional o área masticatoria útil, es la parte del área oclusal anatómica que está determinada por el contacto entre piezas antagonistas durante la oclusión y es la que participa activa y directamente en la masticación” (fig. 24)<sup>5</sup>.



Fig.24 En A se señala el área oclusal anatómica, que corresponde a la superficie oclusal total de cada pieza dentaria; en B se muestra el área oclusal funcional o área masticatoria útil, parte del área oclusal anatómica que está en contacto con su antagonista durante la oclusión.



Es importante marcar la diferencia que existe entre fuerza y presión masticatoria. “La fuerza (F) desde el punto de vista físico, es un componente de la energía (E) y esta exteriorizada principalmente por su amplitud, dirección y sentido, es decir, es un vector que es posible medir en kilogramo-fuerza (kgf) o en otras unidad de fuerza (Newton, libras etc.)”<sup>5</sup>.

“La contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares durante la oclusión, generara una fuerza entre los arcos dentarios, que se denomina fuerza masticatoria. La presión (P), está representada por la magnitud, y es reconocida a nivel de una superficie de acción(A), ( $P= F/A$ ) lo que indica que una misma fuerza concentrada en un área oclusal pequeña, actuara cortando o triturando los alimentos más efectivamente que la misma fuerza aplicada sobre un área más extensa”<sup>5</sup>. Esto es muy trascendental si lo vemos desde el punto de vista funcional ya que al restaurar un área oclusal es importante devolver los puntos de contacto que tienen con los dientes antagonistas, que mejoran la eficiencia masticatoria y reducen la duración de los contactos dentarios durante la masticación, lo que nos permitirá (fig. 25)<sup>5</sup>:



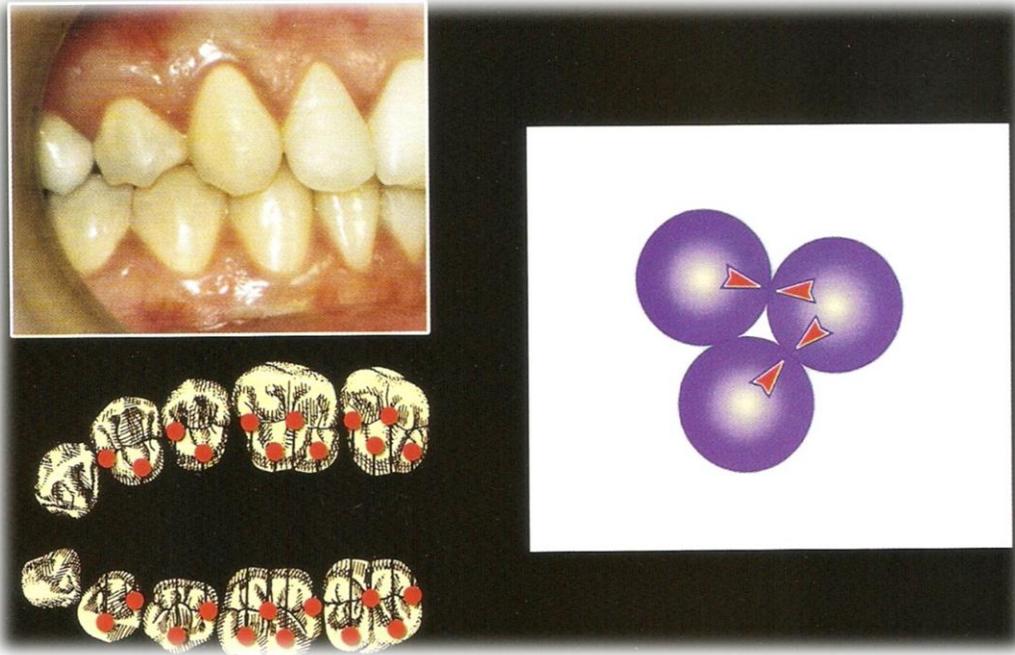


Fig. 25 Esquema oclusal en céntrica basado en múltiples puntos de contacto. Los puntos de contacto interoclusales se logran con el contacto entre las superficies convexas de las caras oclusales de las piezas dentarias posteriores antagonistas (están señaladas por las tres esferas en contacto, en que se puede apreciar que se logran contactos puntiformes).

- ◆ Una función simétrica y bilateral de los músculos elevadores mandibulares<sup>5</sup>.
- ◆ Lograr una presión adecuada utilizando la menor fuerza masticatoria (fig. 26)<sup>5</sup>.
- ◆ Reduce la carga sobre el ligamento periodontal (fig. 26)<sup>5</sup>.
- ◆ “Obtener una mejor axialización de la carga oclusal” (fig. 27)<sup>5</sup>.

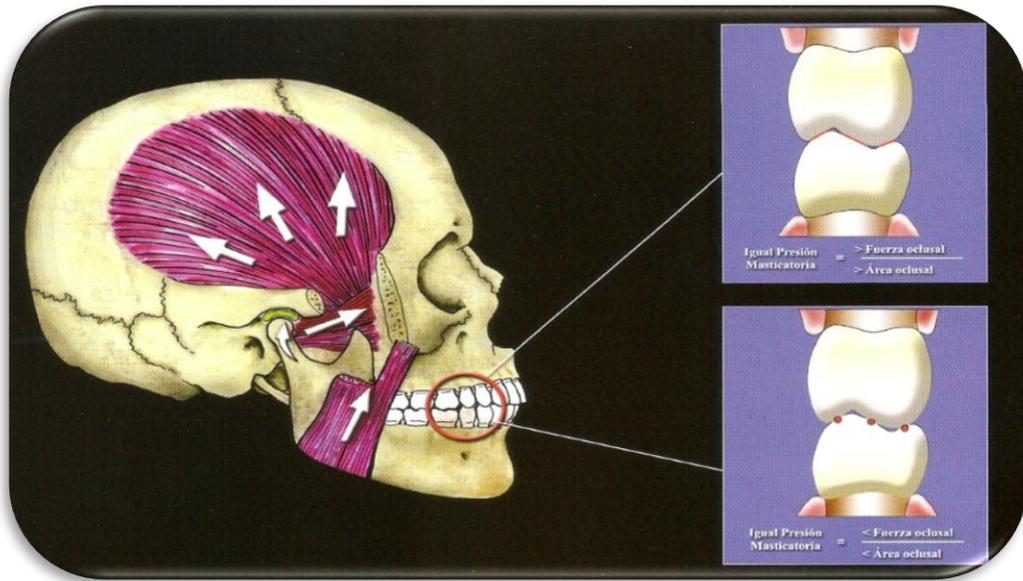


Fig. 26 “Con un esquema oclusal en céntrica basado en múltiples puntos de contacto distribuidos parejamente entre ambas arcadas dentarias, se favorece una activación simétrica y bilateral de los músculos elevadores mandibulares derechos e izquierdos.

Además como se aprecia en ambos recuadros, con áreas de contacto (recuadro superior) se debe ejercer ante una misma presión masticatoria sobre el alimento una mayor fuerza masticatoria, y por lo tanto, una mayor carga periodontal dentaria que con respecto a puntos de contacto (recuadro inferior)”.

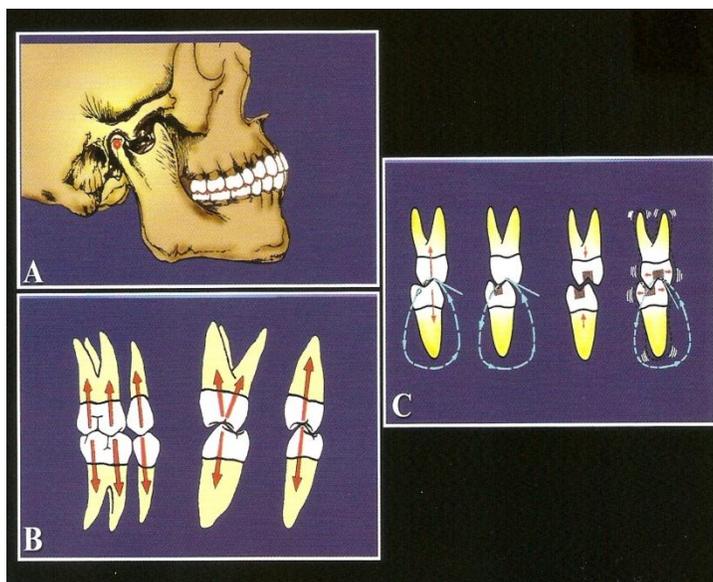


Fig. 27 Las imágenes A y B muestran que un esquema en oclusión céntrica basado en múltiples puntos de contacto, se obtiene una mejor axialización de carga oclusal que con áreas de contacto (C) y se ejercen cargas no axiales sobre los dientes, que pueden llevar a una movilidad indebida de ellas.





Howell y Brudevold, determinaron que alimentos más duros como el coco y las pasas se masticaban con mayor fuerza a nivel del primer premolar, en comparación con el alimento más blando, por lo tanto a nivel de los premolares es la zona con mayor eficiencia masticatoria por su menor área oclusal fisiológica lo que se podría traducir como una presión masticatoria aumentada, aunque no existe un gran incremento en la fuerza masticatoria<sup>5, 76</sup>.

#### ❖ Número de golpes masticatorios

Los golpes masticatorios son el número de contactos que existen entre los dientes antagonistas durante la masticación y varía dependiendo de la consistencia del alimento. Anderson y Picton, graficaron la distribución promedio del número de golpes masticatorios necesarios para triturar diferentes alimentos (fig. 28)<sup>5,77</sup>.

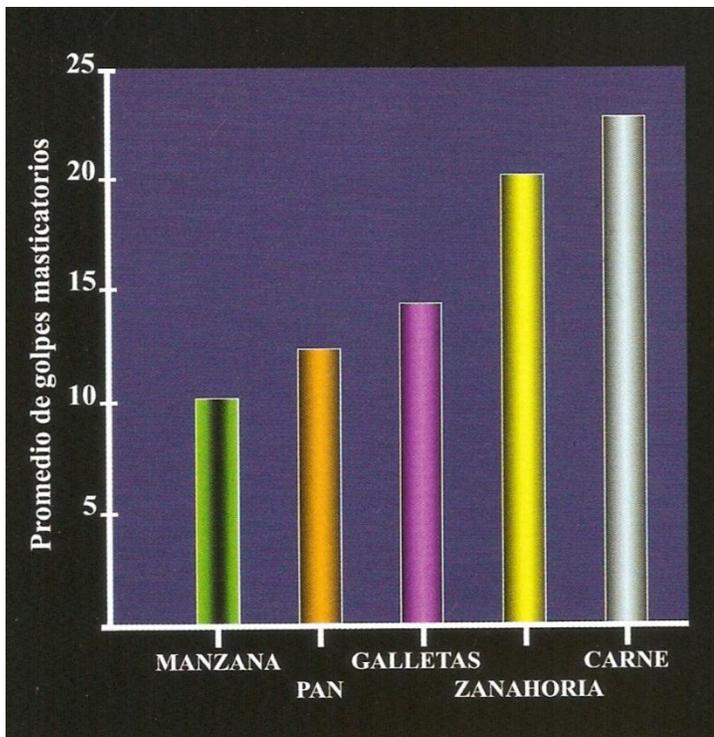


Fig. 28 Gráfica de la distribución promedio del número de golpes masticatorios necesarios para triturar diferentes alimentos. Adaptados de D. Anderson y D. Picton.



La función masticatoria ideal es la masticación bilateral, estimula el periodonto de los dientes, contribuye a la estabilidad oclusal, existe una contracción isométrica de la musculatura mandibular y favorece la higiene dental, esto desde el punto de vista fisiológico, por otro lado, durante la masticación unilateral solo se estimulan las estructuras del lado de masticación, imposibilitando que exista un desgaste fisiológico de las cúspides dentarias en el lado inactivo con lo que tendríamos la posibilidad de favorecer a la aparición de interferencias oclusales y puntos prematuros de contacto<sup>5</sup>. “La masticación unilateral se genera cuando existen restricciones unilaterales condicionadas, por ejemplo, por la presencia de dolor en la articulación temporomandibular, enfermedad periodontal, caries, ausencia de piezas dentarias, adaptación frente a interferencias oclusales o contactos prematuros”<sup>5</sup>. Posselt en un estudio de personas sanas con dentadura natural completa, observo lo siguiente (tabla 5)<sup>5</sup>:

Porcentaje de sujetos	Patrón masticatorio
Más del 75%	Masticación Bilateral Alternada
10%	Masticación Bilateral Simultanea
12%	Masticación Unilateral (Derecha o Izquierda)

Tabla 5 Representación de los resultados obtenidos por Posselt al observar el patrón masticatorio en personas sanas con dentición natural completa, en donde más del 75% presentaban un patrón masticatorio bilateral alternado; alrededor del 10% una masticación bilateral simultánea y aproximadamente el 12% masticación unilateral, ya sea derecha o izquierda.



### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El medidor de fuerza digital es un dispositivo desarrollado por el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de Facultad de Odontología de la UNAM, actualmente nadie ha comprobado su fiabilidad para calcular la fuerza de mordida por lo que en el presente trabajo se muestra un estudio en el que se calcula la fuerza de mordida en una población de ocho estudiantes de la Facultad de Odontología de los cuales cuatro sujetos cuentan con una dentición sana y cuatro pacientes con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales. ¿Es el Medidor de Fuerza Digital un dispositivo fiable para calcular la fuerza de mordida en sujetos sanos y con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales?

### IV. JUSTIFICACIÓN

Este estudio fue realizado para comprobar la fiabilidad del Medidor de Fuerza Digital que es un dispositivo para calcular la fuerza de mordida, desarrollado en México por el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de Facultad de Odontología de la UNAM, y de esta forma corroborar que es un método confiable, fácil de utilizar y económico, que además puede identificar los puntos de máxima presión oclusal, por consiguiente tiene mucha utilidad en todas las disciplinas odontológicas; ya que el no restablecer la armonía oclusal ocasionaría a corto, mediano o largo plazo, una disfunción, una parafunción o un trastorno. Su principal uso clínico, es calcular la fuerza de mordida e identificar puntos prematuros de contacto para prevenir fuerzas excesivas causadas por diferentes factores, como pueden ser las deficiencias en las restauraciones, o bien, tratamientos de



ortodoncia en los que al ser concluidos no se realiza un ajuste oclusal correcto. Por lo tanto, el presente estudio además de corroborar la fiabilidad de este dispositivo, comprobara sus diferentes usos clínicos como lo es en la necesidad de identificar previamente a los pacientes que presentan fuerzas de mordida excesivas, para que las restauraciones o prótesis sean diseñadas para resistir mejor dichas fuerzas ya que con frecuencia en los pacientes con esta condición suelen estar afectados el éxito de los tratamiento estomatológicos al producir fracturas en prótesis, restauraciones individuales, implantes, etc., y de la misma forma al identificar los puntos de máxima presión devolver a los pacientes una armonía oclusal adecuada.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

- ❖ Evaluar la eficacia y exactitud del medidor de fuerza digital en sujetos sanos y con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales.

### 5.2 Objetivos Específicos

- ❖ Obtener las diferencias en la fuerza de mordida en sujetos sanos y con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales.
- ❖ Identificar factores condicionantes que podrían modificar los registros de fuerza de mordida del dispositivo utilizado.



## VI. MATERIAL Y METODOLOGÍA

El medidor de fuerza digital es un dispositivo desarrollado por el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de Facultad de Odontología de la UNAM, actualmente nadie ha comprobado su fiabilidad para calcular la fuerza de mordida por lo que en el presente trabajo se muestra un estudio en el que se calcula la fuerza de mordida en una población de ocho estudiantes de la Facultad de Odontología.

### 6.1 Tipo de Estudio

El presente trabajo muestra un estudio de tipo descriptivo ya que no se pueden modificar ni manipular las variables independientes.

### 6.2 Población de Estudio

Ocho Estudiantes inscritos en la Facultad de Odontología UNAM, turno matutino, Ciudad Universitaria, México, Distrito Federal durante el periodo 2013-2014.

### 6.3 Muestra

Ocho estudiantes de ambos sexos de 20 a 24 años de edad del turno matutino de la Facultad de Odontología, UNAM.



#### 6.4 Criterios de Inclusión

- Estudiantes de 21 a 24 años de edad de ambos sexos.
- Cuatro pacientes que presenten puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales.
- Cuatro sujetos sanos que no presenten puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales.
- Con o sin restauraciones dentales o prótesis parcial fija.
- Con o sin tratamiento previo de ortodoncia.
- Con o sin presencia de caries dental en dientes anteriores y posteriores.

#### 6.5 Criterios de Exclusión

- Adultos mayores de ambos sexos.
- Niños de ambos sexos.
- Pacientes con disfunciones temporomandibulares.
- Pacientes con algún tipo de dolor dental o articular.

#### 6.6 Variables de Estudio

- **Variable independiente.**

Dentición con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales.

- **Variable dependiente.**

Fuerza de mordida.



➤ Variables de estudio (Conceptualización y operacionalización)

Variable	Conceptualización	Operacionalización
<b>Puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ <b>Punto prematuro de contacto:</b> punto primario de contacto oclusal en Relación Céntrica.</li><li>◆ <b>Interferencia oclusal:</b> punto primario de contacto oclusal en movimientos excéntricos, lateralidades, protrusión y retrusión.</li></ul>	Se determinaran como ausentes o presentes.
<b>Fuerza de mordida</b>	Es el resultado de la contracción isométrica de los músculos elevadores mandibulares, los cuales generan una fuerza intermaxilar medible y con la particular característica de ser un registro funcional.	Se determinara como máxima y mínima.

### 6.7 Aspectos Éticos

Se les informo y pregunto a los alumnos de la Facultad de Odontología UNAM, turno matutino que si querían participar en el presente estudio, permitiendo que se les tomaran 5 registros de fuerza de mordida con el “medidor de fuerza digital”, al igual que se les informo que se les tomarían fotografías de la cavidad oral y al momento de la medición con fines didácticos y para uso del presente estudio, sin afectar su integridad física ni emocional.





## 6.8 Recursos

### 6.8.1 Humanos

- ◆ Tutor: Mtro. Nicolás Pacheco Guerrero.
- ◆ Asesor: C.D. Julio Morales González.
- ◆ Tesista: María Guadalupe Santos Jiménez.

### 6.8.2 Materiales

- ◆ Guates y cubrebocas.
- ◆ Desinfectante de superficie y algodón
- ◆ Papel de articular
- ◆ Medidor de Fuerza digital
- ◆ Cable USB
- ◆ Computadora portátil con el software instalado
- ◆ Portasensores del sistema T-scan III chico y grande
- ◆ Sensores del sistema T-scan III chicos y grandes

## 6.9 Método

Se seleccionaron ocho pacientes de los cuales cuatro eran sujetos con dentición completa sana (1 hombre y 3 mujeres) y cuatro pacientes presentaban puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales (1 hombre y 3 mujeres), todos alumnos de la Facultad de Odontología, UNAM, turno matutino, de edades entre los 21 y 24 años. Estos pacientes fueron seleccionados revisando la oclusión dentaria con papel de articular en forma de arcada, para identificar puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales y de la misma forma identificar a los sujetos con una dentición completa sana (fig. 1).





Fig. 1 A) Colocación del papel para identificar puntos prematuros de contacto de interferencias oclusales. B) Arcada superior con marcas del papel de articular rojas. C) Arcada inferior con marcas del papel de articular azules.<sup>FD</sup>

Posterior a la selección de los pacientes, se colocó el sensor (sensor de T-scan III®) en el dispositivo de acuerdo al tamaño de arcada que presentaba el paciente (grande o pequeño), se conectó el dispositivo por medio de un cable USB a la computadora portátil y se inició el programa para calcular la fuerza de mordida, cabe recalcar que los registros se realizaron en el lugar donde se encontraban los alumnos (fig. 2).



Fig. 2 Dispositivo conectado a la computadora portátil por medio del cable USB.<sup>FD</sup>



Antes de iniciar se verifican las partes visibles del dispositivo, para saber si está funcionando de la manera correcta, se pueden observar tres pequeñas luces la primera dice Sensor, esta se enciende de color azul eléctrico cuando el paciente hace presión sobre el sensor pero no se está grabando el registro (fig. 3):



Fig. 3 Dispositivo cuando el paciente hace presión sobre el sensor pero no se está grabando el registro (luz azul eléctrico en la zona de sensor).<sup>FD</sup>

La segunda luz indica que está encendido el dispositivo, con lo cual podemos comenzar hacer el registro (luz verde) (fig. 4).



Fig. 4 Dispositivo en forma de encendido (luz verde en la zona de encendido).<sup>FD</sup>



La tercera es una pequeña luz amarilla que se enciende junto con la luz de encendido cuando se está registrando o grabando la medición, todo esto al presionar el botón central de INICIO (fig.5).



Fig. 5 Grabación de la medición de fuerza de mordida.FD

Posteriormente se sentó al paciente en una posición cómoda con la cabeza y la espalda rectas, para colocar el dispositivo en la cavidad oral y de esta forma calcular la fuerza de mordida (fig. 6).

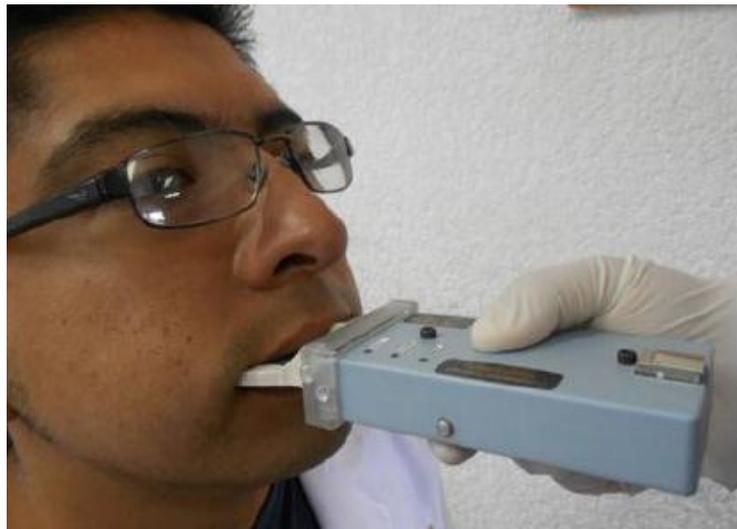


Fig. 6 Colocación del paciente y colocación del medidor de fuerza digital para realizar el registro.FD





Se realizaron 5 registros con un sensor personalizado para cada paciente, cada medición se realizó durante 5 segundos, y el intervalo entre cada medición fue de 3 minutos, para evitar la fatiga de los músculos elevadores mandibulares, se le pedía al paciente que mordiera con toda la fuerza posible (fig. 7)

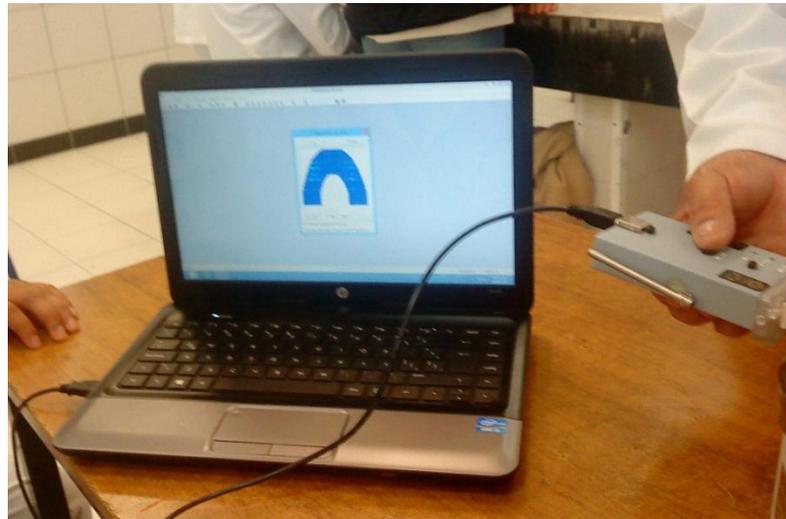


Fig. 7 Medición de la fuerza de mordida.<sup>FD</sup>

En cada registro se obtenían las siguientes imágenes, en la primera se observa una arcada con las zonas de máxima presión que van desde el color más claro (azul) hasta el más oscuro (rojo), siendo los puntos de color rojo los de máxima presión (fig. 8).

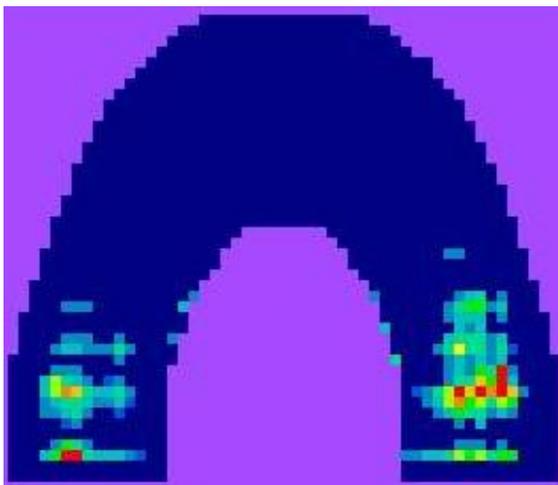


Fig. 8 Registro de fuerza de mordida representado en una arcada donde se observan los puntos de máxima presión.<sup>FD</sup>



En la segunda imagen se observa una gráfica en la que se registran las variaciones de fuerza de mordida medidas en Kgf (Kilogramos fuerza) en un tiempo de terminado en este caso en 5seg (fig. 9).

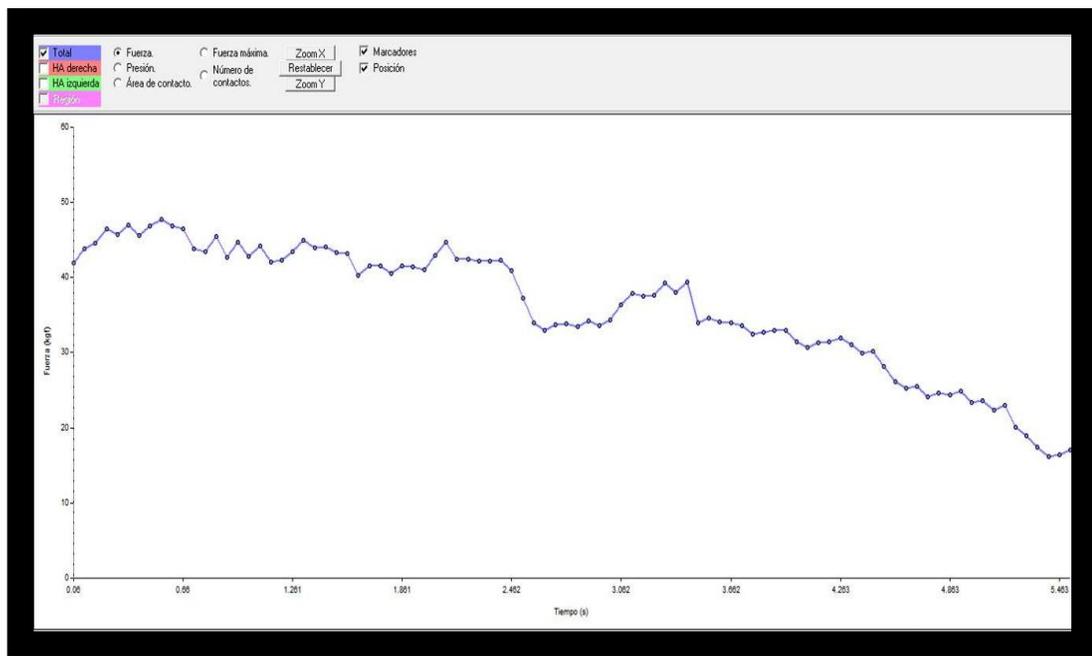


Fig. 9 Gráfica de las variaciones de fuerza de mordida en un tiempo de 5 segundos. <sup>FD</sup>

En la tercera imagen se observan los puntos de presión máxima representados con barras en una arcada dental en tercera dimensión, con el mismo código de colores que se presentan

en la primera imagen de la arcada, los colores van desde el azul hasta el rojo, siendo este ultimo el que registra los puntos de máxima presión (fig.10).

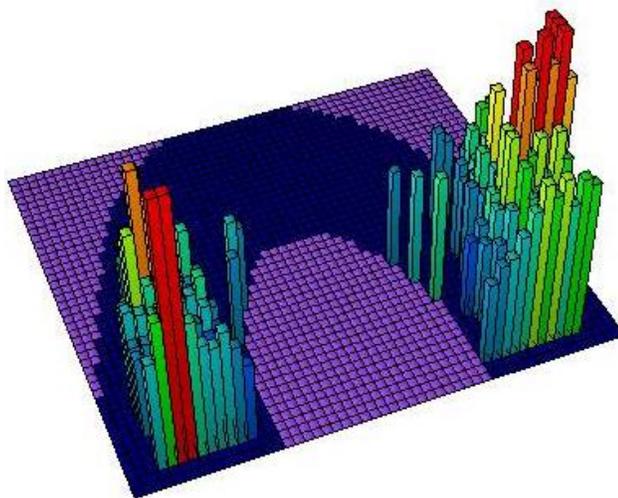


Fig. 10 Representación de la arcada dental con barras en tercera dimensión. <sup>FD</sup>



Finalmente al obtener los registros de toda la muestra, se procedió a sacar el promedio de fuerza de mordida de cada paciente, se obtuvo la fuerza máxima y la fuerza de mordida mínima, que fue poco fiable ya que en algún momento de la medición los pacientes dejaban de hacer presión y los resultados de fuerza de mordida mínima fueron de 0 Kgf, que es un resultado poco real y se realizaron comparaciones entre los dos grupos de estudio, para observar las diferencias existentes en la magnitud de fuerza de mordida que registraron.



## VII. RESULTADOS

La tabla 1 resume los valores de la fuerza de mordida máxima medidas en sujetos sanos y en pacientes con presencia de puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales en una posición de apretamiento máximo voluntario registradas con el medidor de fuerza digital.

Grupo de estudio	Fuerza de mordida Máxima en Kgf en mujeres	Fuerza de mordida Máxima en Kgf en hombres
Sujetos Sanos	S1: 57.39 Kgf S2: 41.68 Kgf S3: 47.70 Kgf	S4: 59.87 Kgf
Pacientes con presencia de puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales	P1: 136 Kgf P2: 53.32 Kgf P3: 38.60 Kgf	P4: 92.18 Kgf

Tabla 1 Valores de fuerza de mordida registrados con el medidor de fuerza digital en donde S es igual a sujeto y P es igual a paciente.

En la tabla 1 se puede observar que la fuerza de mordida máxima en sujetos sanos va de los 41 Kgf a los 60 Kgf, en promedio entre las mujeres con dentición completa sana registraron una fuerza de mordida de 48.92 Kgf, en comparación con la del sujeto masculino con dentición completa sana fue significativamente menor, lo que nos podría indicar que el género en este caso si tuvo cierta influencia sobre la magnitud en la fuerza de mordida, aunque pudieron existir otros factores que modificaron la fuerza de mordida.

En los pacientes con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales se registro una fuerza máxima de 136 Kgf de entre todos los sujetos evaluados, pero en contraste también entre los pacientes que presentaban problemas





oclusales se encontro la menor fuerza de mordida registrada que fue de 38.60 Kgf, ambas mediciones se encontraron en mujeres. De la misma forma si observamos los resultados se puede mostrar que los valores en la fuerza de mordida entre un grupo y otro son significativamente diferentes y son mayores los valores registrados por los pacientes con problemas oclusales que en los sujetos con dentición completa sana.



## VIII. DISCUSIÓN

El presente estudio fue realizado para comprobar la fiabilidad y exactitud del medidor de fuerza digital, así como también su utilización clínica, en diversos estudios se han realizado mediciones de fuerza de mordida con otros dispositivos, que presentan características muy diferentes en comparación con el sistema desarrollado por el CINVESTAV y el laboratorio de Fisiología de la División de Estudios de Posgrado de Facultad de Odontología de la UNAM, por lo que es posible notar con mayor facilidad las características y ventajas que muestra este dispositivo.

Posterior a las mediciones de fuerza de mordida se observó que los valores obtenidos por dicho sistema son comparables y similares en cuanto a valores numéricos se refiere con otros sistemas que ya han sido probados, evaluados y en los que se ha comprobado que son métodos eficaces y fiables para la obtención de dicha medición<sup>12, 78</sup>, ya que como se puede mostrar el dispositivo cuenta con muchas ventajas sobre los otros sistemas como lo son:

- ❖ Es portátil, porque solo se conecta con un cable USB a una computadora portátil y puede ser transportado fácilmente, incluso hasta el lugar donde se encuentra el paciente para que no tenga que desplazarse.
- ❖ Es pequeño, económico y fácil de utilizar.
- ❖ El dispositivo es compacto y sencillo de utilizar ya que solo cuenta con un botón de inicio que debe ser oprimido al iniciar y al finalizar el registro.
- ❖ El software se instala fácilmente y tiene la practicidad de que grafica las variaciones de los valores de fuerza de mordida durante todo el tiempo del registro.
- ❖ Muestra imágenes en segunda y tercera dimensión de las arcadas en apretamiento máximo voluntario en las cuales podemos observar los



puntos aislados de máxima presión con una codificación de colores que hacen más fácil la comprensión de estas imágenes y que nos permiten evaluar el estado y la condición oclusal de nuestros pacientes.

- ❖ Cuenta con una superficie de mordida blanda que impide que obtengamos falsos registros, ya que como se vio anteriormente en los antecedentes en varios dispositivos donde la superficie de mordida es dura los pacientes no muerden con la fuerza máxima posible, por miedo a fracturas dentales e inconscientemente por los meconorreceptores periodontales que al registrar esta superficie de mordida se protegen ante fuerzas excesivas<sup>12</sup>.
- ❖ El registro se hace en toda la arcada por lo que la fuerza masticatoria se distribuye en todo el arco dental y así se puede obtener un registro más exacto y fiable de la fuerza de mordida.
- ❖ Toda la información es registrada, guardada y almacenada en el disco duro de la computadora, por lo que no es necesario registrarlo sobre papel, además estos registros no pueden ser modificados pero si se pueden guardar en otros dispositivos y copiar en otro tipo de documentos para su consulta y evaluación.

En este estudio utilizando el medidor de fuerza digital encontramos diferencias significativas entre los dos grupos estudiados, principalmente en la magnitud de fuerza registrada, porque los pacientes que presentaban desarmonías oclusales presentaron fuerzas de mordida mayores en comparación con los sujetos sanos, de la misma forma se encontró que el género masculino entre los sujetos sanos registro la mayor fuerza de mordida, por el contrario con el otro grupo una paciente del género femenino supero ampliamente en la magnitud de fuerza de mordida al paciente masculino, hasta cierto punto podríamos decir que el género si es un factor que modifica la fuerza de mordida y que está es mayor en el género masculino, La edad poco tuvo que ver porque todos los sujetos



estudiados se encontraban en un rango de 21 a 24 años son adultos jóvenes, lo que podría explicar estas diferencias en la magnitud de fuerza de mordida sería la superficie oclusal con la que cuentan cada grupo de individuos, porque como ya se mencionó el primer grupo cuenta con una dentición sana, por lo que sus contactos oclusales están en armonía y cuentan con más golpes masticatorios en la intercuspidad máxima y por lo tanto con una mayor área oclusal en la cual puede ser distribuida la fuerza y con lo que podemos decir que a mayor área oclusal menor será la presión y menor será la fuerza de mordida<sup>5,76,77</sup>. Por el contrario, el otro grupo que presenta puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales cuentan con una menor área oclusal funcional por lo que a menor área mayor será la fuerza que registran.

Por ello es importante recalcar las ventajas que presenta este sistema, ya que con él se pudieron identificar los puntos de máxima presión y posteriormente al estudio se les informo a los pacientes con desarmonías oclusales el problema que presentaban y las consecuencias que podría tener el no realizarse un correcto ajuste oclusal.



## IX. CONCLUSIONES

El propósito principal de este estudio fue comprobar la fidelidad y exactitud de medidor de fuerza digital para calcular la fuerza de mordida en sujetos sanos y pacientes con puntos prematuros de contacto e interferencias oclusales, es importante mencionar que el dispositivo cumplió con los objetivos planteados, ya que se comprobó que es un dispositivo capaz de competir con otros sistemas que funcionan de manera similar o diferente a la hora de medir, registrar y almacenar las evaluaciones de fuerza de mordida.

De la misma forma cumple con diversos usos clínicos planteados al principio del estudio, porque si bien es cierto el propósito de los tratamientos estomatológicos es mejorar las funciones masticatorias perdidas por diversos factores. Las mediciones inmediatas y constantes de la fuerza de mordida así como la identificación de anomalías oclusales son fuertes indicadores para predecirla; por lo que es muy importante para cumplir con dicho propósito y recomendable el conocimiento de los factores generales y específicos tanto del paciente como de los sistemas utilizados para calcular la fuerza de mordida, que afectan la magnitud de la fuerza ejercida por los músculos elevadores mandibulares y así tener una visión más clara y certera acerca del sinergismo o competencia de dichos factores en cada uno de los pacientes.

Existen según la literatura científica revisada, condiciones y factores asociados a la disminución o a bajos niveles de fuerza de mordida, entre los que se encuentran la predilección por los alimentos blandos, la presencia de una dentición temporal o mixta en niños, el biotipo facial que presentan los adultos, una complexión corporal delgada y una disminución en el volumen de los músculos masticatorios, la pérdida del soporte periodontal moderada o severamente, la pérdida temprana de piezas dentales y por lo tanto de un área funcional oclusal adecuada. De tal forma que esto se asocia de igual manera



a los componentes de los sistemas utilizados para registrar y calcular la fuerza de mordida como lo son: el área donde se realiza el registro, es decir que entre más posterior se coloque el sensor se registraran mayores fuerzas y por el contrario disminuye mientras más cerca este del área anterior, de igual forma disminuye la fuerza registrada si solo se realiza unilateralmente.

Este sistema cumple con varias características que lo hacen confiable y exacto en el momento de calcular la fuerza de mordida como se mencionó anteriormente, al mismo tiempo es un sistema desarrollado en México y es importante que se estimule la utilización de tecnología fabricada en nuestro país, que además de comprobar que son eficaces en las mediciones que realizan, son de menor costo, de fácil acceso y su manipulación es sencilla, por ello antes de probar otros dispositivos que podrían ser de mayor costo y de manejo complejo, es transcendental que se invierta más tiempo en el desarrollo de tecnología mexicana, para de esta forma apoyar que se sigan desarrollando nuevas tecnologías para el uso clínico dental que nos ayuden a ofrecer una mejor atención odontológica.

.



## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manns A, Díaz. G. Sistema Estomatognático. Santiago, Chile, Editorial Universidad de Chile, Impresos Ximpauser. 1995. P 75-84.
2. Van Spronsen PH, Weijjs WA, Prah-Andersen B, Valk J, Van Ginkel F. Relationships between jaw muscle cross-sections and normal craniofacial morphology, studied with magnetic resonance imaging. Eur J Orthod, 1991. (13): 351-361.
3. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. J Oral Rehabil 2003; 30:278-282.
4. Midori P, Rigoldi L, Pereira L, Duarte M. Facial dimensions, bite force and masticatory muscle thickness in preschool children with functional posterior crossbite. Braz Oral Res 2008; 22 (1): 48-54.
5. Manns A. Sistema Estomatognático: Bases biológicas y correlaciones clínicas. Madrid, España. Ripano S.A.;2011. P 473-524.
6. Kamegai T, Tatsuki T, Nagano H, Mitsuhashi H, Kumeta J, Tatsuki Y, et al. A determination of bite force in northern Japanese children. Eur J Orthod 2005 (27): 53-57.
7. Usui T, Uetmatsu S, Kanegae H, Morimoto T, Kurihara S. Change in maximum occlusal force in association with maxillofacial growth. Orthod Craniofacial Res, 2007 (10): 226-234.
8. Manns A, Spreng M. EMG amplitude and frequency at different muscular elongations under constant masticatory force or EMG activity. Acta Physiol Latinoam. 1977 (27):259-271.
9. Manns A, Miralles R, Palazzi C. EMG, bite force and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension. J Prosthet Dent. 1979. (42):674-682.
10. Chandu A, Suvinen T, Reade P, Borromeo G. The effect of an interocclusal appliance on bite force and masseter electromyography in asymptomatic subjects and patients with temporomandibular pain and dysfunction. J Oral Rehabil. 2004. (31):530-537
11. Gibbs CH, Mahan PE, Lundeen HC, Brehnan K, Walsh EK, Holbrook WB Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. J Prosthet Dent. 1981. (46):443-449.
12. Serra C, Manns A. Mediciones de fuerza masticatoria con diferentes superficies de mordida. Presentación Poster. IADR-División Chile, XXII Reunión Anual. Oct. 2009.



13. Isaza JF, Londoño E, Roldan S. Sistema Electrónico de adquisición para procesar y almacenar datos de fuerza oclusal, Revista CES Odontología 2008 (21): 39-45.
14. Peláez A, Álvarez ME, Gaviria MI, Gallego G. Evaluación de la calidad de una sesión de registro simultáneo de la fuerza oclusal y la actividad electromiográfica del músculo masetero. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, (24), No. 2 Sep 2003, 163-169.
15. Ueki K, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Yamoto E. Changes in occlusal force after mandibular ramus osteotomy with and without the Le Fort I osteotomy. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 2007; 36(4): 301-304.
16. Dana H, Azuma T, Hayakawa F, Kohyama K. Measurement of bite force variables related to human discrimination of left-right hardness differences of silicone rubber samples placed between the incisors, Archives of Oral Biology, Issue 5, May 2005, (50): 517-526.
17. Tekscan, T-Scan@III User Manual v. 5. computerized occlusal analysis system Tekscan, Inc. 307 West First Street, South Boston, MA 02127 Tel:617.464.4500/800.248.3669 fax:617.464.4266 Email: [marketing@tekscan.com](mailto:marketing@tekscan.com), web: [www.tekscan.com](http://www.tekscan.com)
18. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. Journal of Dental Research 1983; 62(5): 566-570.
19. Veena J, Vijay PM, Kumar A, Mohit K. Effect of occlusal splint therapy on maximum bite force in individuals with moderate to severe attrition of teeth, Journal of Prosthodontic Research. 2012. (56):287-292.
20. Sonnesen L, Bakke M, Solow B. Bite force in preorthodontic children with unilateral crossbite. Eur J Orthod 2001; (23): 741-749.
21. Waltimo A, Könönen M. A novel bite force recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. Scand J Dent Res 1993; (101):171-175.
22. Olthoff LW, Van Der Glas W, Van Der Blit A. Influence of occlusal vertical dimension on the masticatory performance during chewing with maxillary splints. J Oral Rehabil 2007; (34):560-565.
23. Pizolato RA, Gavião MBD, Berretin-Felix G, Sampaio ACM, Junior AST. Maximal bite force in young adults temporomandibular disorders and bruxism. Braz Oral Res 2007; (21):278-283.
24. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Dellavia C, Tartaglia GM. Single tooth bite forces in healthy young adults. J Oral Rehabil 2004; (31):18-22.
25. La PALA. Bodies hombre y mujer. [2 pantallas]. Disponible en: <http://www.lapala.cl/2011/la-diferencia-sexual-como-relacion-de-poder/bodies-hombre-y-mujer>. Consultado septiembre 28, 2013.



26. Kiliaridis S, Kzellberg H. The relationship between maximal bite force, bite force endurance and facial morphology during growth. *Acta Odont Scand*, 1993; (51):323-331.
27. Bakke M, Holm B, Leth J, Michler L, Moller E. Unilateral isometric bite force in 8-68 year old women and men related to occlusal factors. *Scand J Dent Res*, 1990; (98):149-158.
28. Sonnesen L, Bakke M. Molar bite force in relation occlusion, craniofacial dimensions, and head. *Eur J Orthod* 2005; (27):58-63.
29. Shinogaya T, Bakke M, Thomsen CE, Vilmann A, Sodeyama A, Matsumoto M. Effects of ethnicity, gender and age on clenching force and load distribution. *Clin Oral Invest* 2001; (5):63-68
30. Bakke M. Bite force and occlusion. *Semin Orthod* 2006; (12):120-12
31. Koc D, Dogan A, Bek B. Bite Force and Influential Factors on Bite Force Measurements: A Literature Review. *European Journal of Dentistry*, April 2010; (4): 223-232.
32. Berkus PJ, Armstrong C, Thilander B. Stimulation of muscles of mastication. *J Dent Res* 1941; (20): 87-92
33. Van Der Bilt A, Abbink JH, Fontijn-Tekamp FA, Bosman F. Maximal bite force and EMG during bilateral and unilateral clenching. *Abstract Society of Oral Physiology. J Oral Rehabil* , 2002; (29):878-879
34. Leff A. Gnathodynamics of four mandibular positions. *J Prosthet Dent* 1966; (16): 844-847.
35. Hellsing E, Hagberg C. Changes in maximum bite force related to extension of the head. *Eur J Orthod* 1990; (12):148-153.
36. Kovero O, Hurmerinta K, Zepa I, Huggare J, Nissinen M, Kononem M. Maximal bite force and its associations with spinal posture and craniofacial morphology in young adults. *Acta Odontol Scand* 2002; (60):365-369.
37. Sakaguchi K, Mehta NR, Abdallah EF, Forgione AG, Hirayama H, Kawasaki T, Yokoyama A. Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio*, 2007; (25):237-249.
38. Juan Carlos Salas. [2 pantallas]. Disponible en: [http://www.casaluna.org/evento\\_ver.php?id=1047](http://www.casaluna.org/evento_ver.php?id=1047). Consultado: Septiembre 30, 2013.
39. Pereira LJ, Gaviao MB, Bonjardim LR, Castelo PM, Van Der Bilt A. Muscle thickness, bite force and cranio-facial dimensions in adolescents with signs and symptoms of temporomandibular dysfunction. *Eur J Orthod* 2007; (29):72-78.
40. Alfaro PE, Ángeles F, Osorno MC, Nuñez JM, Romero G. Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus



condicionantes clínicos. Parte II. Artículo de revisión, Revista ADM/mayo-junio 2012; (LXIX):108-113.

41. Bonakdarchian M, Askari N, Askari M. Effect of face form on maximal bite force with natural dentition. Archives of Oral Biology 2009; (54):201-204.
42. Elham JL, Abu A, Al Zóubi M, Al R, Hammad M. Maximum occlusal bite forces in Jordanian individuals with different dentofacial vertical skeletal patterns. EurJ Orthod 2010; (32):71-77.
43. Miyawaki S, Araki Y, Tanimoto Y, Katayama A, Fuji A, Imai M, Yamamoto T. Oclusal force and jaw motion in patients with anterior open bite. J Dent Res. 2005; (84):133-137.
44. Farella M, Bakke M, Michelotti A, Rapuano A, Martina R, Masseter thickness, endurance and exercise- induced pain in subjects with different vertical craniofacial morphology. Eur J Oral Sci. 2003; (111):183-188.
45. Hung-Huey T. Maximum bite force and related dental status in children with deciduous dentition. J ClinPediatr Dent 2004; 28(2):139-142.
46. Sonnesen L, Bakke M, Solow B. Bite force in pre-orthodontic children with unilateral crossbite. Eur J Orthod 2001; 23(6):741-749.
47. García-Morales P, Buschanga PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. Eur J Orthod 2003; 25(3):265-272.
48. Defabjanis P. Impact of nasal airway obstruction on dentofacial development and sleep disturbance in children: preliminary notes. J ClinPediatr Dent 2003; 27(2):95-100.
49. Kleinfelder JW, Ludwing K. Maximal bite force in patients with reduced periodontal tissue support with and without splinting. J Periodontol 2002; (73):1184-1187.
50. Svensson KG, Trulsson M. Regulation of bite force increase during splitting of food. Eur J Oral Sci 2009; 117(6):704-710.
51. Takeuchi N, Yamamoto T. Correlation between periodontal status and biting force in patients with chronic periodontitis during the maintenance phase therapy. J of Clinical Periodontology 2008; 35(3):215-220.
52. Alkan A, Keskiner I, Arici S, Sato S. The effect of periodontitis on biting abilities. J Periodontol 2006; (77):1442-1445.
53. Takeuchi N, Ekuni D, Yamamoto T, Morita M. Relationship between the prognosis of periodontitis and occlusal force during maintenance phase. J Periodontal Res 2010; 45(5):607-612.
54. Morita M, Nishi K, Kimura T, Fukushima M, Watanabe T, Yamashita F, Zhou R, Yang J, Xu X. Correlation between periodontal status and biting ability in Chinese adults population. J Oral Rehabil 2003; (30):260-264.



55. Rentes AM, Gaviao MB, Amaral R. Bite force determination in children with primary dentition. *J Oral Rehabil* 2002; (29):1174-1180.
56. Harrel SK. Occlusal forces as a risk factor for periodontal disease. *Periodontology* 2000; (32):111-117.
57. Shiau Y, Wang JS. The effects of dental conditions on hand strength and maximum bite force. *J of Craniomandibular Practice* 1993; (11):48-52.
58. Hung-Huey T. Maximum bite force and related dental status in children with deciduous dentition. *J ClinPediatr Dent* 2004; 28(2):139-142.
59. Mountain G, Wood D, Toumba J. Bite force measurement in children with primary dentition. *J PaediatrDent* 2011; 21(2):112.118.
60. Rosa LB, Semprini M, Siéssere S, Hallak JE, Pagnano VO, Regalo SC. Correlation between bite force and electromyographic activity in dentate and partially edentulous individuals. *ElectromyogrClinNeurophysiol* 2009; 49(6):291-297.
61. Kim BI, Jeong SH, Chung KH, Cho YK, Kwon HK, Choi CH. Subjective food intake ability in relation to maximal bite force among Korean adults. *J Oral Rehabil* 2009; (36):168-175.
62. Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Moller E. Unilateral isometric bite force in 8-68 years old women and men related to occlusal factors. *Scand J Dent Res* 1990; (98):149-158.
63. Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Marimoto T, Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area and average bite pressure. *J Dent Res* 1999; (78):1336-1344.
64. Sonnesen L, Bakke M. Bite force in children with unilateral crossbite before and after orthodontic treatment. A prospective longitudinal study. *The Eur J Orthod* 2007; 29(3):310-313.
65. Miyaura K, Morita M, Matzuka Y, Yamashita A, Watanabe T, Rehabilitation of biting abilities in patients with different types of dental prostheses. *J Oral Rehabil* 2000; (27):1073-1076.
66. Haraldson T, Karlsson U, Carlsson GE. Bite force and oral function in complete denture wearers. *J Oral Rehabil* 1979; (6):41-48.
67. Slagter AP, Bosman F, van der Glas HW, van der Bilt. Human jaw-elevator muscle activity and food comminution in dentate and edentulous state. *Arch Oral Biol* 1993; (38):195-205.
68. Rismanchian M, Bajoghli F, Mostajeran Z, Fazel A, Eshkevari P. Effect of implants on maximum bite force in edentulous patients. *J Oral Implantol* 2009; 35(4):196-200.
69. Serra M, Gambareli F, Gaviao MB. A 1-year intraindividual evaluation of maximum bite force in children wearing a removable partial dental prosthesis. *J Dent Child* 2007; 74(3):171-176.





70. Arsu A, Keskiner I, Arici S, Sato S. The effect of periodontal surgery on bite force, occlusal contact area and bite pressure. *J Am Dent Assoc* 2006; (137):978-983.
71. Kogawa EM, Calderon PS, Lauris JR, Araujo CR, Conti PC. Evaluation of maximal bite force in temporomandibular disorders patients. *J Oral Rehabil* 2006; 33(8):559-565.
72. Pereira T, Pereira L, Cenci M, Cardoso W, Del BelCury A. Maximal bite force and its association with temporomandibular disorders. *Braz Dent J* 2007; 18(1):65-68.
73. Rudy TE, Greco CM, Yap GA, Zaki HS, Leader JK, Boston JR. The association between research diagnostic criteria for temporomandibular disorder findings and biting force and endurance in patients with temporomandibular disorders. *Pain Med*, 2001; (2):35-45.
74. Cosme DC, Baldisserotto SM, Canabarro A, Shinkai RS. Bruxism an voluntary maximal bite force in young dentate adults. *Int J Prosthodont* 2005; (18):328-332.
75. Shimada A, Tanaka M, Yamashita R, Noguchi K, Torisu T, Yamabe Y, Fujii H, Murata H. Automatic regulation of occlusal force because of hardness change of the bite object. *J Oral Rehabil*. 2008; (35):12-19.
76. Howel A, Brudevold F. Vertical forces used during chewing of food. *J Dent Res*, 1950; (29):133-136.
77. Anderson D, Picton D. Tooth contact during chewing. *J Dent Res*, 1957; (36):21-26.
78. Tortopidis D, Lyons MF, Baxendale RH, Gilmour WH. The variability of bite force measurement between sessions in different positions within the dental arch. *J Oral Rehabil*, 1998; (25):681-686.

FD: Fuente Directa.