



Universidad de Valparaíso  
Facultad de Odontología  
Escuela de Odontología  
Cátedra Fisiología Oral y  
Trastornos Témporomandibulares

## TOI VS MEDICIONES ANGULARES POR CAPTURA DE IMAGEN EN LA MEDICIÓN DE LA APERTURA BUCAL

Trabajo de Investigación Requisito para optar al Título de Cirujano Dentista

Alumno: Sebastián Gutiérrez Zúñiga  
Docente Guía: Prof. Fernando Weiss Vega

Valparaíso- Chile  
2011

## ***DEDICATORIA***

---

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, Sonia y Juan Nelso por su apoyo, orientación e incondicionalidad durante toda mi vida.*

*A mis hermanos, Ximena y Gabriel y a mi sobrino Mauro por estar junto a mí a pesar de lo desagradable que soy.*

*A mi familia en general por haber sido parte de mi desarrollo y forjar en mí lo importante de esa palabra.*

*A Cecilia por acompañarme siempre, soportarme y quererme.*

*A mis amigos en la Escuela por haber compartido su tiempo conmigo.*

*Finalmente a mi Hijo Lucas por sonreír cada mañana.*

*Sebastián Gutiérrez Zúñiga*

# ***AGRADECIMIENTOS***

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo quiero agradecer a mi profesor guía Dr. Fernando Weiss Vega, docente de la cátedra de Fisiología Oral y Trastornos Témporomandibulares por dar inicio a esta investigación y su orientación durante todo el proceso.

Así mismo quiero agradecer a mi compañero y amigo Guillermo Báez Segovia con quien iniciamos juntos este proceso y a pesar de las vicisitudes comprometió su apoyo incondicional.

Quiero agradecer a todos los funcionarios y académicos de la Escuela de Odontología que ayudaron y facilitaron la realización de esta tesis.

Agradezco el tiempo y la buena disposición de todos los alumnos que participaron en la tesis como sujetos de estudio.

Finalmente agradecer a mis amigos dentro de la Escuela de Odontología que me ayudaron en este trabajo.

*Sebastián Gutiérrez Zúñiga*

## ***ÍNDICE***

---

## ÍNDICE

Introducción	01
Marco Teórico	03
Articulación Témporomandibular	04
Superficies Articulares	05
Disco Articular	05
Sinoviales	05
Músculos de la Articulación Témporomandibular	06
Ligamentos de la Articulación Témporomandibular	06
Cinemática Témporomandibular	06
Movimiento de Rotación	07
Eje Horizontal	10
Eje Frontal	10
Eje Sagital	10
Movimiento de Traslación	11
Plano Sagital	12
Plano Horizontal	15
Plano Frontal	16
Implicaciones Clínicas	17
Apertura Bucal	17
Índice de Apertura Témporomandibular TOI	25
Medición Angular de la Apertura Bucal	27
Mediciones Angulares por Captura de Imagen	31
Objetivos e Hipótesis	33
Objetivos	34
Objetivo General	34
Objetivos Específicos	34
Hipótesis	35
Materiales Y Método	36
Sujetos de Estudio	37
Criterios de Inclusión Y Exclusión	37
Muestra Y Forma De Selección	37
Análisis de Los Datos	38
Diseño de La Investigación	38
Método TOI	38
Mediciones Angulares Captura de Imagen	38
Materiales Necesarios	39
Seguridad en la Obtención de Datos	40
Variables a Medir	40
Criterios para la Selección de las Variables	42

Resultados	43
Normalidad de los Datos	44
Comparación TOI vs Mediciones Angulares	46
Descripción Dimensiones Lineales	47
Descripción Dimensiones Angulares	49
Comparación Valores Lineales Sanos vs TTM	51
Discusión	56
Conclusión	61
Sugerencias	63
Resumen	65
Bibliografía	67
Anexos	71

# ***INTRODUCCIÓN***

---

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la cinemática mandibular es analizada midiendo dimensiones lineales de aperturas bucales y desplazamientos mandibulares en todos los planos del espacio. La medición por sí sola varía según género, edad, dimensiones antropométricas tales como estatura, longitud de la rama mandibular, largo mandibular y ángulo goníaco, es decir, sujetos con distinta movilidad articular pueden obtener idénticos valores lineales de apertura bucal, producto de la incidencia de las variables mencionadas. El indicador TOI (Temporomandibular Opening Index) parece ser una solución independiente de dichas variables, además de tener la ventaja de no ocupar aparatologías costosas ni complejas (Miller et al. 2000; Moipolai, 2003).

Varios estudios indicarían que TOI puede tener mayor valor diagnóstico que la simple medición lineal en estimar la cinemática mandibular a través de la apertura bucal, y su uso es aceptado para aplicaciones epidemiológicas, así como herramienta de diagnóstico y control evolutivo en los tratamientos de diversos trastornos articulares (Celic et al 2004; Miller et al, 2006; Nekorazaak et al, 2006; Jabra y Al-Shumalain 2006).

Sin embargo el cálculo de TOI no es más que un coeficiente de diferencias relativas al total de las mediciones lineales, con la fórmula de binomios  $(a-b)/(a+b)$ , esto es  $(\text{apertura bucal máxima asistida} - \text{apertura bucal máxima voluntaria}) / (\text{apertura bucal máxima asistida} + \text{apertura bucal máxima voluntaria})$ , y en ningún caso es una nueva metodología para medir la apertura bucal.

Se propone abordar la cinemática temporomandibular mediante la medición angular de la apertura bucal (en las versiones utilizadas por TOI, máxima asistida y máxima voluntaria), a través de un dispositivo mecánico de trayectoria complementado con captura de imagen y video estandarizadas y mediciones digitales con software de imagen, comparando si las diferencias señaladas por TOI de mediciones lineales, son del mismo orden que las diferencias señaladas por las mediciones angulares. Además se planea describir las mediciones lineales y angulares del movimiento de apertura bucal.

Se proyecta establecer las bases para un método de aplicación clínica rutinario universal de mediciones faciales simples, que conduzcan a una estimación con bajo margen de error del ángulo de apertura bucal como expresión de la cinemática mandíbula.

## ***MARCO TEÓRICO***

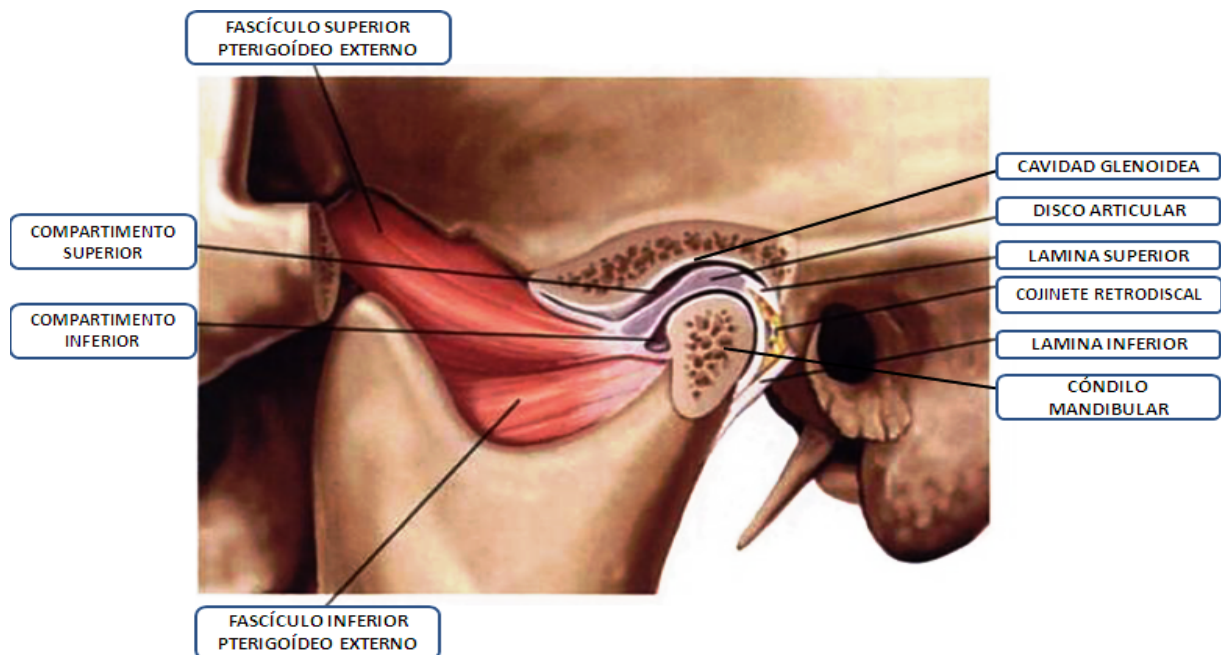
---

## MARCO TEÓRICO

### Articulación Témporomandibular

La articulación témporomandibular (ATM) se considera básicamente una diartrosis bicondílea porque está constituida por dos superficies óseas convexas, 1) la eminencia o cóndilo temporal que se continúa posteriormente con la cavidad glenoidea, y 2) el cóndilo mandibular; ambas recubiertas por un fibrocartílago que permite movimientos libres de fricción y, ubicado entre ambas superficies un elemento de adaptación oval bicóncavo, que es el disco articular, el cual tiene diferentes grosores dependientes de la función. Todos estos elementos trabajan en forma armónica bajo un sistema de protección dado por los ligamentos intra y extrarticulares los cuales limitan los movimientos mandibulares, por las sinoviales y por el sistema neuromuscular (Alonso *et al.*, 2004; Okeson., 2008) (Fig. 1 y 2).

Fig. 1 Articulación Témporomandibular. Vista sagital ATM izquierda.



Se debe comprender que la articulación témporomandibular cumple sólo una función pasiva, actuando de guía en los movimientos, no obstante necesita de este sistema de protección tanto en los movimientos de apertura como de cierre, en el cual también participa la articulación dentaria, y ésta a su vez necesita de la articulación témporomandibular para que sus contactos en movimientos excursivos sean fisiológicamente aceptados por todos los elementos del sistema dental (Alonso *et al.*, 2004; Okeson., 2008).

## Superficies articulares

El hueso temporal, específicamente su porción escamosa presenta 1º la eminencia o cóndilo temporal ubicada transversalmente, francamente convexa de adelante a atrás y ligeramente cóncava de medial a lateral, que está constituida por la raíz transversa de la apófisis cigomática y 2º por detrás, la cavidad glenoídea, depresión profunda elipsoidal, con su eje mayor transversal, dividida por la cisura de Glaser en dos porciones, una anterior y otra posterior, sólo anterior es articular y está cubierta por cartílago (realmente tejido conjuntivo), unidos entre sí, la eminencia temporal y la cavidad glenoídea constituyen un cuadrilátero de 22 mm de adelante atrás y 20 mm de medial a lateral aproximadamente (Miralles et al., 1998; Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (Fig. 1 y 2).

El cóndilo mandibular es una eminencia elipsoídea de 15 a 20 mm longitud por 8 a 10 mm de anchura aproximadamente y se dirige oblicuamente de lateral a medial y de delante atrás. Cada cóndilo presenta un polo externo y uno interno, siendo este último más prominente, a su vez cada cóndilo posee una vertiente anterior y una posterior que se unen superiormente en una arista obtusa transversal, el cóndilo descansa en una porción más estrecha, el cuello condilar. La superficie condilar está recubierta por una superficie conjuntiva fibrosa avascular a diferencia de la mayoría de las articulaciones sinoviales que están cubiertas por cartílago hialino (Miralles et al., 1998; Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 1 y 2).

## Disco articular

Las superficies articulares no están en contacto durante los movimientos ni en reposo, ya que las separa el disco articular, que conforma dos compartimentos en relación a las estructuras óseas, entre la eminencia temporal y el disco se encuentra el compartimento superior o supradiscal, y entre el disco articular y el cóndilo mandibular se encuentra el compartimento inferior o infradiscal. El disco articular es oval, bicóncavo, de tejido conectivo fibroso y une lateralmente por unas prolongaciones aladas a las porciones inferiores de los polos del cóndilo, y anterior y posteriormente a la cápsula articular. Es más grueso en su mitad posterior e interna, y más delgado en su mitad externa y anterior. Por su estructura interna el disco es capaz de adaptarse a los requerimientos funcionales, sirviendo de amortiguador de fuerzas en movimientos fisiológicos y parafuncionales (Miralles et al., 1998; Alonso *et al.*, 2004) (FIG. 1 Y 2).

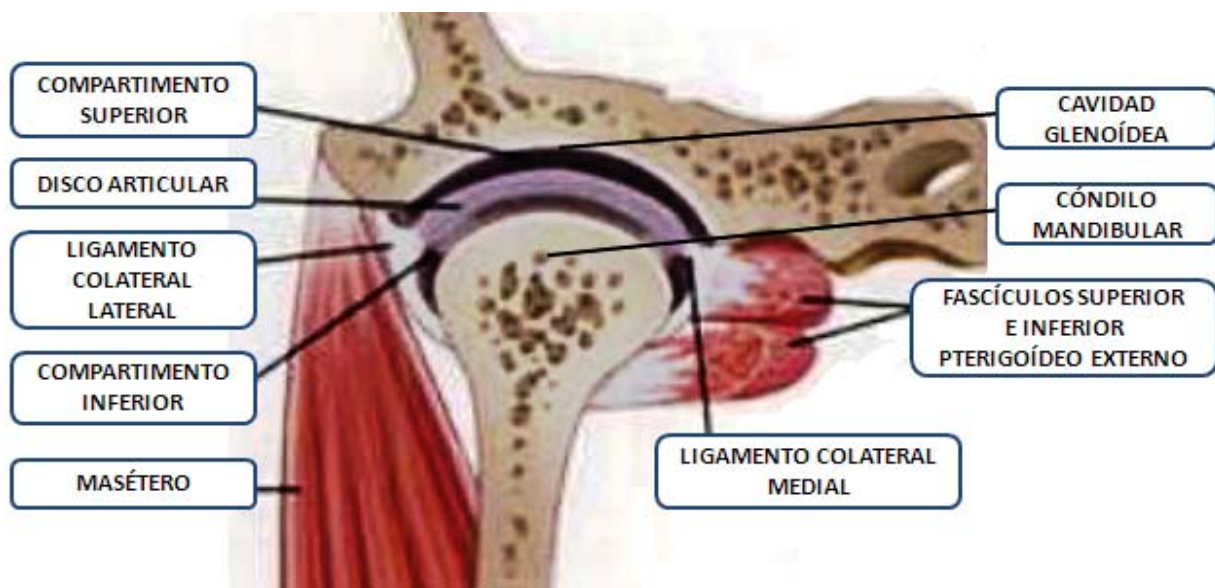
## Sinoviales

Existen dos sinoviales, una ubicada en el compartimento superior, es decir entre disco articular y hueso temporal, es la más grande, y otra ubicada en el compartimento inferior, o sea entre disco articular y cóndilo mandibular. Estas actúan como lubricantes además de tener funciones nutritivas y metabólicas para la articulación (Miralles et al., 1998; Latarjet y Ruiz Liard., 2005)

## Músculos de la articulación témporomandibular

Los musculatura asociada a la articulación témporomandibular está constituida por 3 músculos bilateralmente, 1º el masétero, 2º el pterigoídeo externo y 3º el pterigoídeo interno, cabe mencionar que el músculo temporal comúnmente se asocia a la articulación témporomandibular por ser uno de los músculos elevadores o masticadores, pero este no presenta inserciones en la ATM (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 1 y 2).

FIG. 2 Articulación Témporomandibular. Vista frontal ATM derecha.



El masétero es un músculo corto, grueso adosado a la cara externo de la rama mandibular. Comprende dos fascículos e inclusive se describen 3, el fascículo superficial se extiende del borde inferior del arco cigomático hasta el ángulo goníaco, el fascículo profundo se extiende desde el arco cigomático hasta la cara externa de la rama mandibular, estos fascículos están separados por tejido conjuntivo entre sí y a veces por una bolsa serosa. Origina la elevación mandibular (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 2).

El pterigoídeo externo tiene una forma de cono cuya base corresponde al cráneo y su vértice al cóndilo, ocupa la fosa cigomática. Está compuesto por dos fascículos, el fascículo superior y el inferior, el superior se extiende desde el ala mayor del esfenoides en su porción que constituye la fosa cigomática hasta el disco articular, el fascículo inferior se extiende desde la cara externa del ala externa de la apófisis pterigoides hasta el cuello condilar, muchos autores que es frecuente que ambos fascículos se fusionen en su trayecto insertándose tanto en el cuello condilar como en el disco articular indistintamente. Su contracción simultánea bilateralmente produce la protrusión

mandibular, y la contracción unilateral origina los movimientos de lateralidad correspondiente (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 1 y 2).

El pterigoideo interno está situado medial a la rama mandibular en la misma posición que el masétero. Se extiende desde la fosa pterigoidea y desde aquí se dirige hacia abajo, atrás y afuera hasta insertarse en la cara interna de la rama mandibular (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 1 y 2).

#### Ligamentos de la articulación temporomandibular

Los ligamentos de la articulación temporomandibular son los siguientes, 1º los ligamentos colaterales externo e interno y 2º los ligamentos accesorios. Los primeros son considerados intrínsecos en relación a la cápsula articular, y los segundos extrínsecos (Miralles et al., 1998; Latarjet y Ruiz Liard., 2005).

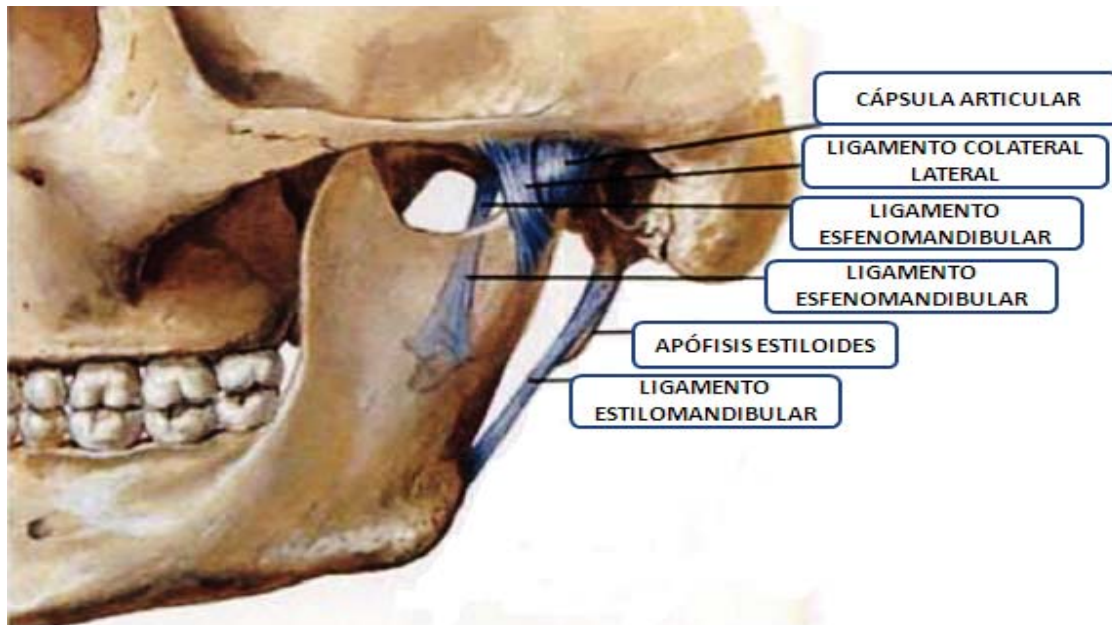
La cápsula articular forma una especie de manguito dispuesto alrededor de la articulación, siendo más ancha en su parte superior y más estrecha a nivel inferior, se inserta inferiormente a nivel del cuello del cóndilo mandibular y superiormente en el borde anterior de la raíz transversa del arco cigomático, en el tubérculo cigomático, en el fondo de la cavidad glenoidea, por delante de la cisura de Glaser y en la base de la espina del esfenoides (Miralles et al., 1998; Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 3).

El ligamento lateral externo está situado por fuera de la cápsula articular y se inserta superiormente en el tubérculo cigomático y en la raíz longitudinal del cigomático, desde aquí se dirige hacia abajo y atrás insertándose en la porción posteroexterna del cuello condilar (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 3).

El ligamento lateral interno situado medial a la cápsula se inserta en el borde interno de la cavidad glenoidea y se dirige con la misma dirección que el lateral externo a la porción posterointerna de cuello condilar, presenta muchas analogías con el ligamento lateral externo pero es mucho más delgado (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 3).

Además de estos ligamentos existen 3 ligamentos accesorios, también descritos comoseudoligamentos, 1º el ligamento esfenomandibular que se inserta superiormente en la porción externa de la espina del esfenoides e inferiormente a nivel del orificio superior del conducto alveolar, algunas veces en la espina de Spix o detrás de esta, 2º el ligamento estilomandibular que se inserta superiormente en el vértice de la apófisis estiloides e inferiormente en el borde parotídeo mandibular un poco por encima del ángulo goníaco, y 3º el ligamento pterigomaxilar o aponeurosis buccinatófaringea que se inserta superiormente en el gancho del ala del ala interna de la apófisis pterigoides e inferiormente en el extremo posterior del borde alveolar mandibular (Latarjet y Ruiz Liard., 2005) (FIG. 3).

Fig. 3 Articulación Témporomandibular. Cápsula y ligamentos articulares. Vista sagital ATM izquierda.



### Cinemática Témporomandibular

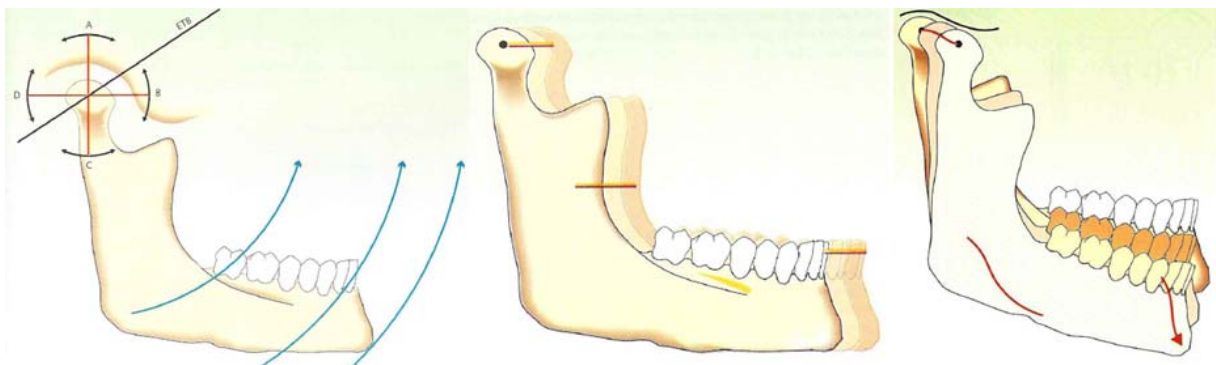
En el pasado la cinemática mandibular ha sido estudiada principal o fundamentalmente con fines protésicos, más que para evaluar la funcionalidad mandibular, en la actualidad este hecho ha cambiado, ya que la evaluación de la cinemática de la articulación témporomandibular ha tomado mayor relevancia e importancia como parte del examen clínico rutinario del sistema masticatorio (Palla, 2003; Celic et al., 2004).

Al estudiar la cinemática mandibular se están analizando sus movimientos así como los componentes del sistema estomatognático, dicho análisis no sólo incluye la evaluación de la articulación témporomandibular sino también de los dientes, ya que ambos actúan como las guías y controles de los movimientos mandibulares, es decir determinan los patrones funcionales de los movimientos mandibulares, tanto céntricos como excéntricos (Alonso *et al.*, 2004; Slavicek R., 2011), a su vez también se evalúa la actividad del sistema neuromuscular que actúa como generador de los movimientos (Alonso *et al.*, 2004).

Al analizar la cinemática témporomandibular por completo, se debe tener en consideración el concepto mecánico de que la mandíbula es un cuerpo rígido (Palla, 2003), amorfo, constituido por un cuerpo mandibular y dos ramas que se proyectan

verticalmente para finalizar en los cóndilos mandibulares. La mandíbula puede llevar a cabo movimientos rotacionales y traslacionales. En la rotación los infinitos puntos de este cuerpo rígido (mandíbula) giran en torno a un eje, en cambio durante el movimiento de traslación puro todos los puntos de un cuerpo se mueven a la misma velocidad y dirección. Sin embargo en la boca los movimientos puros, es decir sólo de rotación o de traslación son inexistentes, más bien son una combinación de ambos, es decir rototraslacionales en los tres planos del espacio (Alonso *et al.*, 2004; Okeson, 2008; Mapelli *et al.*, 2009) (FIG.4).

Fig. 4 Movimientos Mandibulares.



Izquierda: Rotación. Centro: Traslación. Derecha: Rototraslación.

Dichos movimientos están determinados por la acción combinada y simultánea de las dos articulaciones témporomandibulares. Aunque las ATM no pueden funcionar con total independencia una de la otra, también es excepcional que actúen con movimientos simultáneos idénticos (Ash & Ramfjord., 1995; Okeson, 2008).

En el proceso de masticación y formación del bolo alimenticio según Slavicek, el movimiento predominante es la traslación, y sólo ocurre un movimiento rotacional menor (Slavicek R., 2011).

Teniendo en cuenta la anatomía de la articulación témporomandibular y las funciones que desempeña, sus movimientos teóricamente son incuantificables, en consecuencia el número de ejes en que actúa también lo es, por consiguiente, a modo pedagógico y simplista se explicaran los ejes en que actúa en relación a los tres planos del espacio, lo cual facilitará su comprensión, separando también a modo didáctico en movimientos de rotación y traslación, los que como ya se mencionó no ocurren por separado.

#### Movimiento de rotación

Se analizará un movimiento mandibular rotacional puro teórico, en los distintos ejes del espacio.

## Eje Horizontal

En el eje de rotación horizontal, que corresponde a un movimiento de apertura y cierre, este eje de rotación se da en la unión de los cóndilos mandibulares a través de una línea imaginaria, conocido como Eje Terminal de Bisagra (ETB), el cual es la posición más posterior y superior de los cóndilos en las articulaciones temporomandibulares, a partir de la cual el cuerpo mandibular puede describir un movimiento de rotación puro teórico. El movimiento de rotación alrededor del eje de bisagra terminal fácilmente puede ponerse de manifiesto, pero no se da durante el funcionamiento normal. (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008).

A su vez este mismo ETB es el único punto mandibular (desde una perspectiva sagital) que representa el movimiento real del cóndilo, ya que en los movimientos mandibulares cualquier punto distinto de ETB varía según se encuentre arriba, abajo, adelante o atrás de este, es decir que es el único punto que al rotar coincide con la trayectoria de la traslación, esta cualidad es la que le da la importancia clínica que tiene, ya que el movimiento puede ser estudiado de forma constante y repetible lo que es de suma relevancia para poder establecer un diagnóstico y posteriormente poder dar resolución a los desórdenes articulares o del sistema masticatorio (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008) (FIG. 5).

En todos los demás movimientos, la rotación alrededor del eje se acompaña de una traslación de éste (Okeson, 2008), siendo este un movimiento que no ocurre funcionalmente.

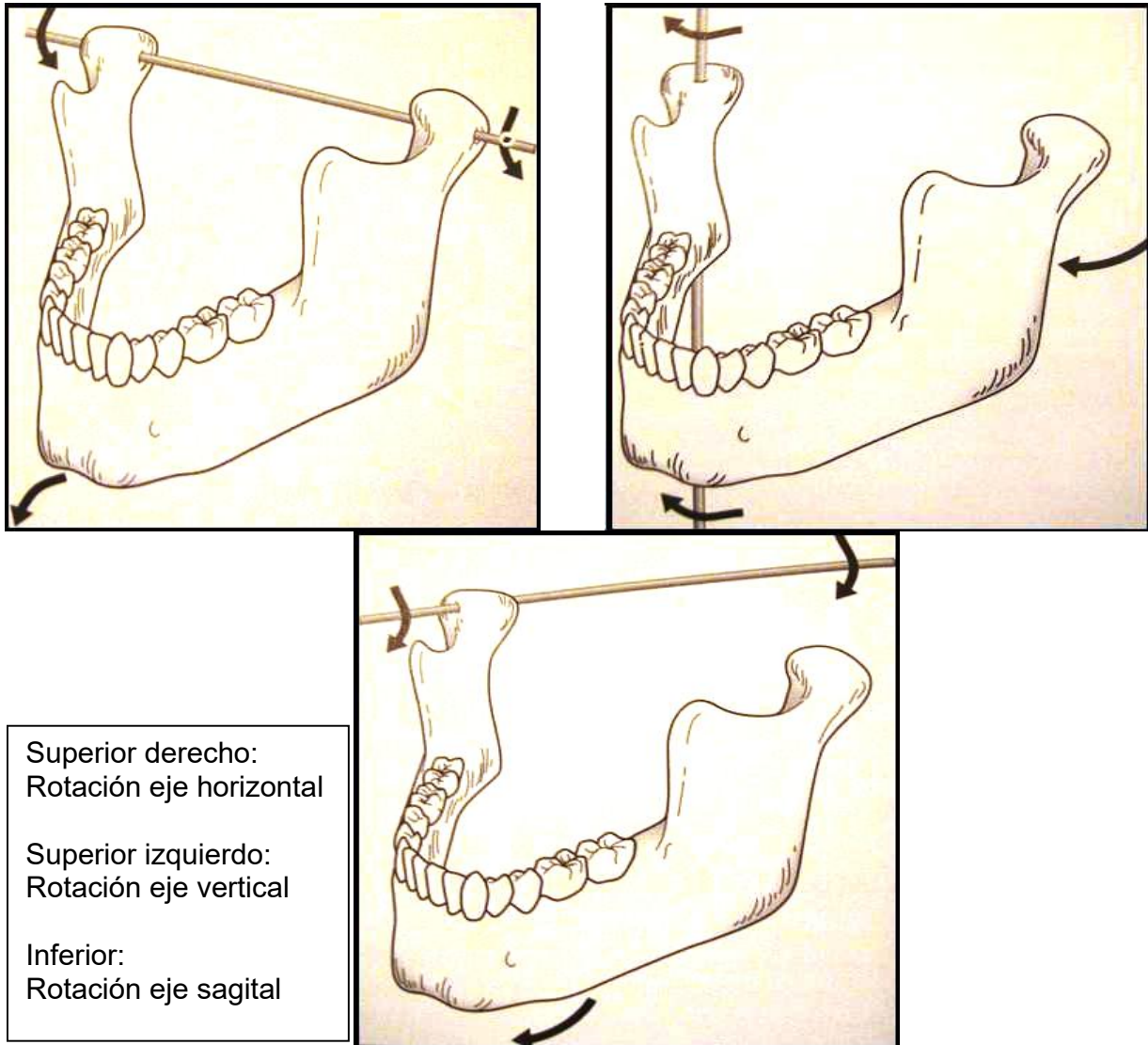
## Eje Frontal

El movimiento mandibular alrededor del eje frontal se lleva a cabo cuando un cóndilo se desplaza de atrás adelante, y sale de la posición de bisagra terminal, llamado cóndilo orbitante o de balance, mientras el eje vertical del otro cóndilo se mantiene en la posición de bisagra terminal, llamado pivotante o de trabajo. Dada la inclinación de la eminencia articular por la cual el eje frontal se inclina al desplazarse el cóndilo en movimiento de atrás adelante, este tipo de movimiento aislado no se lleva a cabo de forma natural (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008) (FIG. 5).

## Eje Sagital

El movimiento mandibular alrededor del eje sagital se realiza cuando el cóndilo orbitante o de balance se desplaza de arriba abajo mientras el de trabajo o pivotante se mantiene en la posición de bisagra terminal. Dado que los ligamentos y la musculatura de la ATM impiden un desplazamiento inferior del cóndilo (es decir, una luxación), este tipo de movimiento aislado no se realiza de forma natural. Sin embargo, se da junto con otros movimientos cuando el cóndilo orbitante se desplaza de arriba abajo y de atrás adelante a lo largo de la eminencia articular (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008) (FIG. 5).

FIG. 5 Movimientos rotacionales en los distintos ejes.



### Movimiento de traslación

Como se mencionó más arriba la traslación es descrita como movimiento en el que cada punto del objeto en movimiento simultáneamente tiene la misma velocidad y dirección. En el sistema masticatorio naturalmente esto no ocurre, pero su movimiento más cercano se da cuando la mandíbula se desplaza de atrás adelante, como ocurre en la protrusión, pero siempre hay un componente rotacional; es decir, mientras la mandíbula está girando alrededor de uno o varios de los ejes, cada uno de estos ejes está sufriendo una traslación (es decir, modifica su orientación en el espacio). Ello da lugar a unos movimientos muy complejos que son muy difíciles de visualizar. La traslación se realiza dentro de la cavidad superior de la articulación, entre las superficie

superior del disco articular e inferior de la fosa articular (es decir, entre el complejo disco-cóndilo y la fosa articular). (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008).

Los movimientos mandibulares están limitados por los ligamentos, superficies articulares de las ATM y por la morfología y alineación de los dientes, cuando la mandíbula se desplaza por estos límites, se denominan movimientos bordeantes o límite que fueron descritos adecuadamente por Posselt, en el denominado Poliedro de Posselt (Miralles R., 1998; Okeson., 2008).

Como se ha demostrado que todos los movimientos mandibulares tienen lugar dentro de este marco de movimientos bordeantes o límite, que son reproducibles, serán descritos primariamente estos y ulteriormente los movimientos funcionales.

A su vez, como mencionamos anteriormente, por la complejidad de los movimientos mandibulares se describirán los movimientos como si la mandíbula se desplazase en uno de los tres planos del espacio, tanto para movimientos funcionales como bordeantes.

#### Plano Sagital

En el plano sagital se distinguen cuatro componentes diferenciados de movimiento mandibular (FIG.6)

1) Límite de apertura posterior, 2) Límite de apertura anterior, 3) Límite de contacto anterior y 4) Funcional

Los movimientos bordeantes de apertura posterior se realizan en forma de movimiento de bisagra en dos etapas. Inicialmente los cóndilos se estabilizan en sus posiciones más superiores y desde estas comienzan a girar en el compartimento infradiscal alrededor de su eje horizontal, hasta una distancia de 20 a 25 mm (medida entre los bordes de los incisivos superiores e inferiores linealmente), producto de la acción de los músculos depresores y relajación de los elevadores; en este punto de la apertura los ligamentos témporomandibulares se tensan y comienza una acción simultánea de los fascículos inferiores de los pterigoideos externos, producto de esto el eje de rotación se traslada hacia las ramas mandibulares, probablemente hacia las inserciones de los ligamentos esfenomandibulares; tras esto la ulterior apertura se asocia a una traslación anteroinferior de los cóndilos en el compartimento supradiscal, es aquí donde comienza esta segunda etapa, en la cual los cóndilos se desplazan anteroinferiormente y la parte anterior mandibular posteroinferiormente, la apertura máxima se alcanza cuando los ligamentos capsulares impiden un mayor movimiento (Ash & Ramfjord., 1996; Miralles R., 1998; Alonso et al., 2004; Okeson., 2008).

Durante dicha traslación el disco acompaña al cóndilo manteniendo su contacto con la eminencia y equilibrado en dicha posición por cuatro factores que son: 1) la perfecta adaptación del cóndilo; 2) la acción de sus ligamentos laterales; 3) la tensión que ejerce el ligamento posterior y 4) la tracción que realizan hacia delante alguna fibras del pterigoideo externo (Alonso et al., 2004).

Los movimientos bordeantes de apertura anterior inician desde esta posición condilar más anterior, en apertura máxima, y en teoría si los cóndilos estuviesen estabilizados podría darse un movimiento de bisagra puro hasta llegar a protrusión máxima, sin embargo los ligamentos estilomandibulares ejercen influencia en la protrusión máxima, por lo tanto durante este movimiento ocurre una tracción posterior de la mandíbula, producto de un desplazamiento traslacional hacia tras del disco y el cóndilo, es decir la posición condílea es la más anterior en apertura máxima pero no en protrusión máxima, por ende este movimiento bordeante no se trata de un movimiento de bisagra (Ash & Ramfjord., 1996; Okeson., 2008).

Durante el cierre mandibular funcional o habitual a partir de este movimiento de apertura máxima ocurre un desplazamiento traslacional hacia tras del disco y el cóndilo, al igual que los movimientos bordeantes, pero con una marcada relajación de los pterigoideos externos y reposicionamiento del ligamento posterior del disco que se encontraba traccionado y que ayuda a que el disco mantenga su relación con el cóndilo. Por otra parte tenemos la relajación de los depresores y una leve contracción de los elevadores. No obstante la gran diferencia con los movimientos bordeantes es que el cierre completa con una rotación y reubicación de los elementos articulares en una situación de reposo (Alonso et al., 2004; Okeson., 2008).

Ambos movimientos bordeantes mencionados anteriormente son limitados por los ligamentos, sin embargo los movimientos bordeantes de contacto superior lo determinan la morfología oclusal ya que durante todo este movimiento hay contacto dentario y su delimitación precisa depende de 1) la discrepancia entre RC y MIC, 2) la inclinación de las vertientes cuspidéas posteriores, 3) el overjet y overbite, 4) la morfología lingual de los incisivos superiores y 5) las relaciones intermaxilares. Cerca del 90% de la población discrepa entre RC y MIC, en RC los contactos dentarios normalmente están dados en algunos dientes posteriores y en MIC suelen contactar también dientes anteriores producto del desplazamiento anterosuperior desde RC; desde MIC ocurre un desplazamiento anteroinferior por las caras linguales de los incisivos superiores hasta llegar a una relación borde a borde entre incisivos maxilares y mandibulares, en cuyo momento se sigue un movimiento horizontal hasta que los incisivos inferiores sobrepasan anteriormente los incisivos superiores, en este punto la mandíbula se desplaza anterosuperiormente hasta que ocurre contacto posterior, y desde aquí un movimiento anterior hasta llegar a protrusión máxima (Ash y Ramfjord., 1996; Okeson., 2008).

Este último componente bordeante se describe como un movimiento protrusivo, el cual no es funcional y en el cual se produce un desplazamiento anterior de ambos cóndilos en un movimiento de traslación, por la actividad de los pterigoideos externos derecho e izquierdo en forma simultánea. Los cóndilos harán un movimiento hacia abajo y adelante con su disco correctamente ubicado y equilibrado por los factores que, como ya ha explicado, actúan en un movimiento de traslación (Alonso et al., 2004).

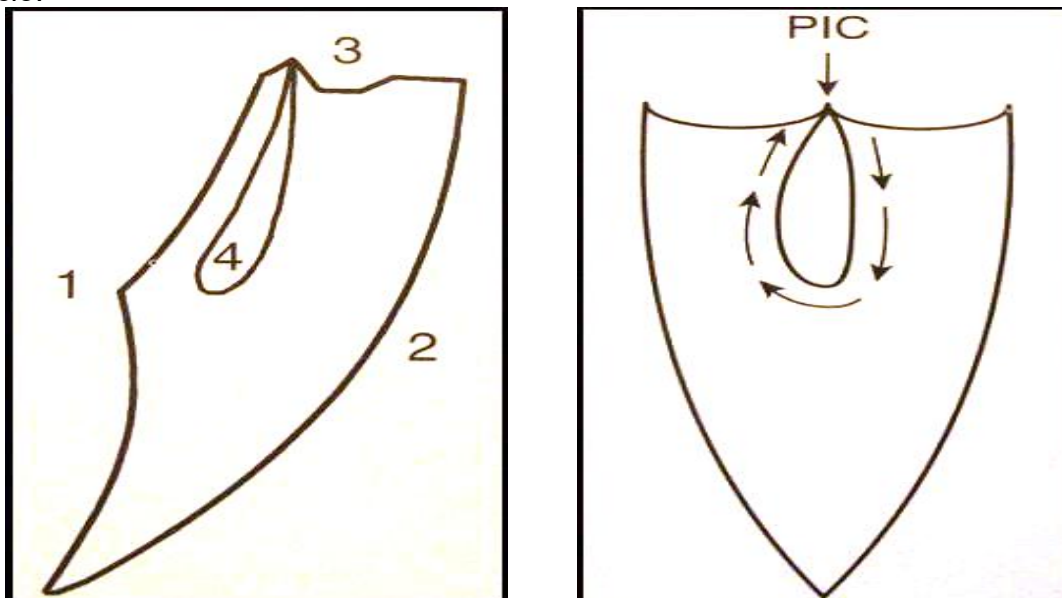
En este caso el contacto permanente con la eminencia también es una condición que estará asegurada por una guía anterior correcta que permita la desoclusión de los

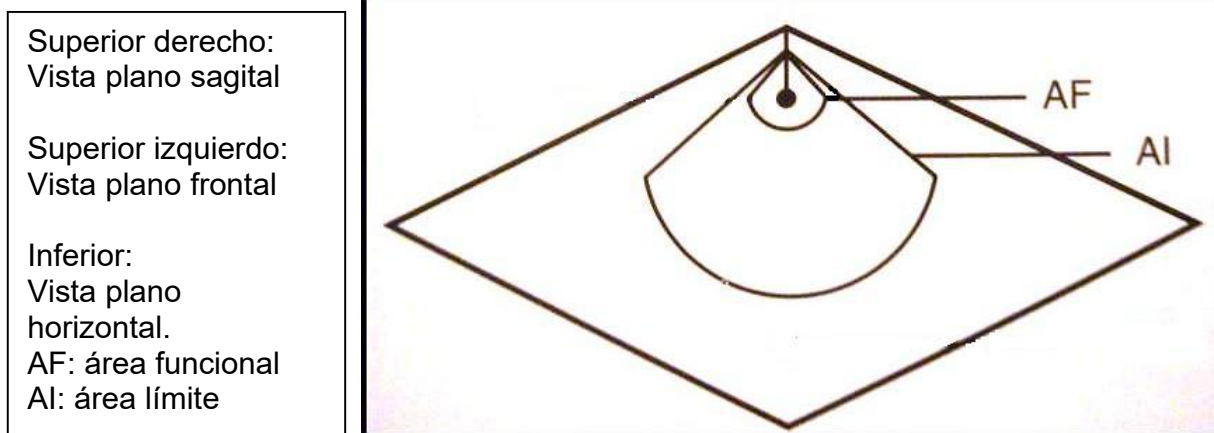
dientes posteriores junto con la actividad de los músculos elevadores (Alonso et al., 2004).

Con esta descripción se cierra el circuito de movimientos bordeantes en el plano sagital, no obstante es importante comprender que este último componente de movimiento bordeante o movimiento protrusivo, durante la apertura bucal normal o habitual sólo es similar en el desplazamiento por las caras linguales de los incisivos superiores, ya que desde este punto continúa un movimiento descendente y no anterior. Dentro de todos estos movimientos bordeantes se describen los movimientos funcionales, la mayoría de estos movimientos comienzan en MIC y por debajo de esta, como la posición postural mandibular, que se sitúa 2-4 mm más abajo, en estas posiciones se inicia el movimiento descendente con un ligero desplazamiento anterior inicial hasta llegar a apertura máxima y luego asciende de manera más recta posterior a movimiento de apertura, con una imagen símil a una gota de agua. En esta vista sagital del poliedro de Posselt los movimientos funcionales están ubicados predominantemente arriba y atrás (Ash y Ramfjord., 1996; Miralles R., 1998; Okeson., 2008).

Según Mapelli, tanto en la apertura como en el cierre bucal, el componente rotacional del movimiento, siempre es mayor que la traslación, pero nunca se acerca al 100% del movimiento. Además el porcentaje de rotación no es idéntico durante la apertura y cierre bucal, y también hay diferencias respecto géneros, a su vez el componente traslacional tanto en los movimientos de apertura como de cierre, considerando también la variable género, resultan ser similares, siendo mayores en hombres que en mujeres, incluso independientemente del ancho mandibular (Mapelli et al., 2009), no obstante consideramos que lo medular es saber que existen diferencias entre las personas y en el mismo individuo.

FIG. 6. Movimientos traslacionales bordeantes y funcionales en los distintos planos del espacio.





### Plano Horizontal

Ahora bien, antes de describir los movimientos en el plano horizontal, es necesario comprender que corresponden a los movimientos de lateralidad mandibular (conocidos como movimiento de Bennett), en los cuales existe un lado de trabajo y un lado de balance. En estos movimientos en el lado de balance el cóndilo se desplaza hacia abajo, hacia adelante y hacia el medio, siguiendo la contracción impuesta por el fascículo inferior del músculo pterigoideo externo. (Alonso et al., 2004), sin embargo en este análisis describiremos el desplazamiento hacia adelante y hacia medial, empero no se debe perder de vista que en la realidad la lateralidad conlleva una apertura bucal, por ende hay una activación de todos los músculos masticatorios.

En el plano horizontal se distinguen dos componentes diferenciados de movimientos bordeantes mandibulares para cada lateralidad (FIG 6)

1) Bordeante lateral izquierdo o derecho, 2) Continuación protrusiva del movimiento bordeante lateral izquierdo o derecho.

Si los cóndilos están ubicados en RC, con la contracción del fascículo inferior del pterigoideo externo de un lado se consigue que el cóndilo ipsilateral se desplace anteroinferomedialmente, siendo este el cóndilo orbitante o de balance; mientras el pterigoideo externo contralateral siga relajado, el cóndilo pivotante o de trabajo (contralateral a la acción muscular) permanecerá en RC, y el movimiento resultante será un movimiento bordeante lateral del lado de trabajo, es decir dónde no hubo contracción muscular (Ash y Ramfjord., 1996; Okeson., 2008).

Cuando la mandíbula ya se encuentra en un movimiento bordeante lateral, la contracción del fascículo inferior del pterigoideo externo del lado de trabajo, junto con la persistencia de la contracción del fascículo inferior del pterigoideo externo del lado de balance, conseguirán que el cóndilo del lado de trabajo, se desplace anteromedialmente, produciendo un desplazamiento de la línea media mandibular nuevamente hacia la línea media de la cara, y esto es la continuación protrusiva del

movimiento bordeante lateral (Ash y Ramfjord., 1996; Okeson., 2008), lo anterior se describe de igual forma para ambos lados.

Los movimientos laterales funcionales pueden generarse a distintos niveles de apertura mandibular, por la acción de todos los músculos masticatorios, eso si cada vez se van haciendo más pequeños, siendo en apertura máxima escasos o nulos (Okeson., 2008).

Al igual que en el plano sagital, en el plano horizontal se describen movimientos funcionales, los cuales también se desarrollan cercanos a MIC, estos se describen principalmente durante la masticación, y la amplitud de estos va disminuyendo a medida que el alimento se va desfragmentando (Okeson., 2008).

Como ya mencionamos, no existen movimientos mandibulares puros, sólo se describen para una mejor comprensión teórica, al respecto en el movimiento lateral mandibular reconocemos un cóndilo que orbita con centro en un cóndilo que rota, y esto último en realidad no puede tener una rotación pura. El simple movimiento hacia adentro del cóndilo de no trabajo dará como resultado un movimiento hacia afuera del lado opuesto. En el movimiento progresivo el cóndilo de trabajo se desplaza ligeramente hacia afuera. Desde el momento en que existe un cóndilo de rotación las distintas posiciones del cóndilo orbitante darán lugar a distintas trayectorias; lo mismo sucederá con cualquier punto de la mandíbula, en especial con los dientes (Alonso et al., 2004).

#### Plano Frontal

En el plano frontal se analizan las variables hacia abajo y hacia el medio. Los límites anatómicos del movimiento serán el techo y la pared medial (Alonso et al., 2004).

Al observar el movimiento mandibular en el plano frontal se podría describir la imagen de un escudo, conformado por los movimientos bordeantes, 2 para cada lado y dentro de estos, los movimientos funcionales.

1) Bordeante superior lateral izquierdo o derecho, 2) Bordeante de apertura lateral izquierdo o derecho (FIG 6).

Los movimientos bordeantes superiores laterales inician en MIC y se desplaza la mandíbula hacia un lado describiendo un trayecto cóncavo hacia arriba, sin embargo la forma exacta de este trayecto depende de la morfología y relaciones intermaxilares de los dientes de ambas arcadas que están en contacto durante dicho movimiento, aunque tienen una influencia secundaria las relaciones cóndilo-disco-fosa y la morfología de la ATM del lado de trabajo y la amplitud máxima de este movimiento está determinada por los ligamentos de la ATM del lado de trabajo (Ash y Ramfjord., 1996; Alonso et al., 2004; Okeson., 2008).

Desde la posición límite del movimiento superior lateral máxima, un movimiento de apertura mandibular describe una trayectoria convexa hacia lateral, producto de la progresiva tensión de los ligamentos a medida que el movimiento se aproxima a apertura máxima la mandíbula se va hacia medial hasta reubicar la línea media

mandibular en relación a la línea media de la cara (Ash y Ramfjord., 1996; Okeson., 2008).

Los movimientos funcionales inician en MIC descendiendo verticalmente y ascendiendo igualmente, durante la masticación al encontrarse el bolo alimenticio interpuesto, se desplazará hacia el lado en que este se ubica ascendiendo, y desmenuzando el bolo alimenticio, y en el último milímetro de cierre volverá rápidamente a MIC (Ash y Ramfjord., 1996; Okeson., 2008).

### Implicaciones clínicas

Una vez descrita la anatomía de la articulación témporomandibular como un componente fundamental del sistema estomatognático, sus movimientos mandibulares, tanto límites como funcionales y plasmada la complejidad de estos, se hace patente que es necesario e imprescindible un funcionamiento mancomunado de todos sus componentes, el cual se ve mermado si estos no están saludables; no obstante la actividad clínica nos demuestra que a pesar de innumerables y disímiles alteraciones en los distintos elementos del sistema estomatognático, este funciona producto de su notable adaptabilidad. Sin embargo con el paso del tiempo van apareciendo e incrementándose los síntomas y signos de disfunción del sistema, los cuales se pueden observar en la limitación o merma de sus funciones. Por lo tanto es necesario detectar esa disfunción, que de una u otra forma se manifiesta en la cinemática témporomandibular.

Las alteraciones de la cinemática témporomandibular pueden deberse a distintas causas, como por ejemplo alteraciones musculares con capacidad para modificar trayectorias. Además, las variaciones morfológicas producidas por cambios en las estructuras articulares también las modifican. Un simple edema secundario a traumatismos muy pequeños o muy grandes puede producir alteraciones humorales que aumentan los espacios articulares y modifiquen el recorrido de los cóndilos. Las interferencias en los sectores posteriores, también pueden hacer variar el comportamiento cinemático (Alonso et al., 2004).

Indistintamente de la etiología de la alteración, el odontólogo debe evaluar, medir y analizar la cinemática mandibular como indicador de disfunción del sistema estomatognático. En esta empresa uno de los principales ejes o parámetros es la medición de la apertura bucal (Dijkstra et al., 1995; Gsellmann et al, 1998; Fukui et al., 2002; Miller *et al.*, 2003; Celic et al., 2003; Zawawi *et al.*, 2003)

### **Apertura Bucal**

En los seres humanos, la apertura de la boca requiere una compleja combinación de movimientos, en el compartimento infradiscal de la ATM (Disco - cóndilo mandibular) se lleva a cabo un movimiento rotacional, a su vez en el compartimento supradiscal (eminencia articular - disco) se produce un movimiento traslacional; estos dos

componentes del movimiento están presentes simultáneamente en cada paso del desplazamiento de la mandíbula (Ferrario et al, 2005; Mapelli et al., 2009).

Por la compleja ubicación y anatomía de las ATM, y la necesaria investigación y estudio de esta, se han buscado métodos para poder obtener información. Dado que tanto los cóndilos y el punto interincisal pertenecen al mismo sistema rígido, la mandíbula, se asumió que mediciones y observaciones basadas en el dicho punto, podían proporcionar información precisa sobre los movimientos de los cóndilos (Mapelli et al., 2009). Sin embargo, el uso clínico de la distancia de apertura bucal máxima como un índice de deslizamiento del cóndilo no tiene bases funcionales o biomecánicas, ya que sólo existen correlaciones débiles entre el movimiento incisal y la traslación del cóndilo, de hecho incluso después de corregir por edad, el sexo y las dimensiones antropométricas de la mandíbula (Mapelli et al., 2009).

La trayectoria del punto interincisal por sí sola no puede proporcionar información sobre la relativa contribución de la rotación y la traslación de la ATM en el movimiento de apertura bucal (Mapelli et al., 2009).

La evaluación de la función mandibular se lleva a cabo por medio de varios test diagnósticos extra e intraorales, que incluyen la evaluación muscular y articular, a través de la palpación y auscultación, evaluación oclusal y examen radiográfico (Gsellmann et al., 1998; Zawawi *et al.*, 2003). Sin desmedro de lo anterior, la capacidad o el rango de movimiento de apertura bucal es considerada como uno de los parámetros más importantes y elementales con que evaluar la función de la ATM (Dijkstra et al., 1995; Gsellmann et al, 1998; Fukui et al., 2002; Miller *et al.*, 2003; Celic et al., 2003; Zawawi *et al.*, 2003) siendo un factor muy significativo en el diagnóstico de muchas condiciones clínicas (Gallagher et al., 2004; Sari et al., 2008); a su vez es considerado como uno de los más objetivos (Gökçe *et al.*, 2009); además de suministrar información del estado de los músculos masticadores, siendo el único parámetro fácilmente cuantificable para controlar la marcha, evolución y eficiencia del tratamiento de pacientes con TTM, además de ayudar en su manejo clínico (Dijkstra et al., 1995 y 1999; Palla, 2003: pág.213; Gallagher et al., 2004).

Para ocupar la apertura bucal como referencia en el diagnóstico de patologías de la ATM, es fundamental establecer lo que constituye la apertura normal de la población (Gallagher et al., 2004).

Según Alonso en 2004, si bien esta apertura bucal máxima puede llegar a sobrepasar fácilmente los 50 mm, hay que tener presente que como en un movimiento funcional debe haber una reserva de un 20 % en las posibilidades de estiramiento de los ligamentos, una apertura funcional no debería superar ampliamente los 40 mm para no poner a estos en el máximo de sus posibilidades (Alonso et al., 2004).

No obstante existen diversos estudios que han buscado obtener un valor lineal referencial de la apertura bucal, y en general han obtenido diferentes resultados, con valores que fácilmente superan lo señalado por Alonso (Tabla I).

Autor	Año	Media o rango Mujeres (mm)	Media o rango Hombres (mm)	Media o rango General (mm)
Posselt	1952	--	--	43.3
Braus	1954	--	--	32-62
Shore	1959	--	--	33-45
Nevakari	1960	54	57.5	--
Travell	1960	45-65; Media 53	50-73; media 59	--
Posselt	1962	--	--	50-60
Sheppard	1965	--	--	46.9
Posselt	1968	--	--	43.4
Ingervall	1970	--	--	51.3
Ingervall	1971	--	--	52
Bosman	1974	53.6	54.4	--
Agerberg	1974	39-75; media 53.3	42-76; media 58.6	--
Rosenbaum	1975	--	--	44.9
Rieder	1978	35-55	40-60	--
Landtwig	1978	--	--	39-63; media 45.9 (niños-adoles)
Pullinger	1987	55	57	--
Mezitis y Rallis	1989	36.6-60.4; media 48.3	38.7-67.2; media 52.8	--
Hesse y Naeije	1990	53.6	--	--
Westling y Helkimo	1992	53.8	--	--
Szentpetery	1993	--	--	51.7
Muto y Kanazawa	1996	46.9	54.1	--
Cox y Walker	1997	--	--	33.7-60.4; media 47.1
Dijkstra et al.	1999	--	--	44-70; media 57.2
Tsukahara et al.	1998	51.1	--	--
Lewis et al.	2001	46	52.1	--
Fukui et al.	2002	35.6-50.9; media 41.1	--	--
Zawawi et al.	2003	40-57; media 47.4	42-68; media 50.7	40-68; media 48.8
Gallagher et al.	2004	41.1	43.3	42.1
Abou-Atme et al.	2008	--	--	30-65: media 45.8 (niños-adoles)
Meeder et al. *Sujetos con TTM	2010	--	--	45,6 mm

Tabla I. Valores de Apertura Bucal

\*(Dijkstra et al., 1999; Muto y Kanazawa., 1996; Fukui et al., 2002; Zawawi et al., 2003; Gallagher et al., 2004; Abou-Atme et al., 2008; Sari et al., 2008).

Debido a la discrepancia de valores lineales obtenidos en los diferentes estudios, Hochstedler et al., en 1996 relacionaron los movimientos mandibulares, para mejorar la utilidad de dichas mediciones, evaluando la correlación entre la apertura bucal máxima y los movimientos excursivos laterales, como elemento a estudiar en el análisis del estado de la articulación témporomandibular, encontraron una relación de 4.4:1. Ellos sugieren utilizar esta relación, ya que no sólo evalúa la apertura bucal, si no que se complementa con los movimientos laterales, en otro estudio Dijkstra et al., hallaron una relación de 6.6:1 en pacientes sanos (Dijkstra et al., 1998; Zawawi et al., 2003). Sin embargo, en pacientes con trastornos extracapsulares e intracapsulares, ambos componentes de la relación pueden verse afectados de manera similar, con el riesgo de que las limitaciones en todos los movimientos, podrá proporcionar una relación "normal", a pesar de que la disfunción este presente (Zawawi et al., 2003).

A lo largo de la historia han existido distintas opiniones respecto de la correlación entre la apertura bucal y los trastornos de la articulación témporomandibular, por ejemplo Rieder en 1978 no encontró conexión (Fukui et al., 2002), sin embargo en la actualidad los resultados apuntan lo contrario de forma genérica, las investigaciones asocian la reducción en la apertura bucal con una serie de condiciones clínicas (Gallagher et al., 2004), siendo uno de los reportes más frecuentes la reducción en la apertura bucal máxima en pacientes con disfunción de la articulación témporomandibular (Dijkstra et al., 1999; Miller et al., 1999; Fukui et al., 2002; Gallagher et al., 2004; Gökçe et al., 2009) y del sistema masticatorio en general (Celic et al., 2003).

El poder hacer esta relación es vital para detectar tempranamente alteraciones, para evitar el progreso de cualquier desorden del sistema masticatorio, ya que una apertura bucal severamente restringida puede impedir funciones normales y vitales del sistema estomatognático, la comunicación, la higiene oral y la alimentación, situaciones que afectarían notablemente la calidad de vida de las personas afectadas por esta condición, desde una perspectiva somática como psicológica además de social. A su vez una excesiva apertura mandibular puede indicar hipermovilidad de la ATM (Dijkstra et al., 1995 y 1999 y Gökçe et al., 2009).

Existen variados métodos para medir los movimientos mandibulares, desde la simple medición lineal de la apertura hasta instrumentos sofisticados y complejos (Dijkstra et al., 1995; Gsellmann et al., 1998; Moipolai et al., 2003), que incluyen: electrónica de seguimiento mandibular, electromiografía (EMG), sistemas de estimulación muscular, imágenes radiográficas, ecografías, goniómetro mandibular, excursiómetro mandibular y termografía (Moipolai et al., 2003).

Aunque posiblemente son útiles en los trabajos de investigación, la mayoría de estos métodos no son adecuados, sencillos o asequibles para el uso clínico rutinario y su impacto en el diagnóstico clínico a veces es bastante limitado (Celic et al., 2003; Moipolai et al., 2003), ya que se debe tener aparatos especiales y costosos (Miller et al., 2003).

Un ejemplo es el analizador opto electrónico, es un sistema de seguimiento mandibular electrónico que permiten la grabación no invasiva directa de múltiples puntos mandibulares. Esto otorga una grabación más natural del movimiento en la articulación témporomandibular, que es menos molesta que los instrumentos con marcadores activos. El análisis consiste en el desplazamiento de un punto arbitrario, normalmente un punto interincisivo inferior, en relación al cráneo viendo el grado de rotación alrededor de los tres ejes del espacio, además de la contribución relativa de la traslación condilar en todos los movimientos. Con esto se pueden obtener las amplitudes y desplazamientos de los movimientos de apertura y de cierre bucal (Mapelli et al., 2009).

Otros estudios utilizan la radiografía lateral de cráneo para el análisis de apertura bucal, realizando tantas imágenes radiográficas como aperturas que se quieran evaluar. La capacidad de apertura bucal máxima se mide entre los incisivos mandibulares y maxilares con una regla sobre la imagen radiográfica en MIC y en apertura máxima (Muto y Kanazawa et al., 1996).

El Goniómetro mandibular y el Excursiómetro mandibular son aparatos específicamente diseñados para evaluar los movimientos mandibulares, el primero evalúa principalmente la amplitud del ángulo de apertura bucal (Dijkstra et al., 1999) y el segundo analiza los desplazamientos en los movimientos excursivo en los 3 planos del espacio (Danis y Mielenz, 1997). El problema es la necesidad de adquirir esta aparatología especial (Miller et al., 2003 y Moipolai et al., 2003).

Todo lo anterior nos hace tener en mente la relación costo beneficio positiva que tiene la medición lineal directa de la distancia interincisal (Celic et al., 2003).

Es así que normalmente en la práctica clínica rutinaria, la medición de la apertura bucal está ampliamente difundida como parte del examen diagnóstico del estado de las articulaciones témporomandibulares, y en la mayoría de los casos esta medición se lleva a cabo de forma lineal (Gsellmann et al; 1998; Dijkstra *et al.*, 1999; Celic et al., 2003 y Sari et al., 2008).

Esta medición lineal normalmente es realizada de borde incisal de los centrales superiores a borde incisal de los centrales inferiores (Dijkstra *et al.*, 1998 y 1999; Celic et al., 2003 y Miller *et al.*, 2003), en algunos casos añadiendo a este valor la sobremordida vertical u overbite (Gsellmann et al., 1998; Dijkstra *et al.*, 1998 y 1999), en general en una apertura bucal máxima voluntaria o apertura activa (Miller *et al.*, 2003 y Sari et al., 2008), aunque también en ocasiones se añade también una medición en apertura bucal máxima asistida o apertura pasiva, la cual es inducida por el operador, esto para hacer una relación con la anterior (Palla, 2003: pág. 210).

Las mediciones lineales de la apertura bucal se llevan a cabo con distintos instrumentos, una regla milimetrada (Muto y Kanazawa, 1996;), o con distintos calibradores milimétricos, tales como un calibrador de Vernier o de Boley (Dijkstra et al., 1999; Miller et al., 2003; Moipolai et al., 2003; Zawawi et al., 2003 y Abou-Atme et al.,

2008) o calibrador electrónico digital (Sari et al., 2008). Otros autores han utilizado el Therabite, un instrumento portátil coadyuvante en la terapia de rehabilitación de trismo e hipomovilidad mandibular, en base a repeticiones y estiramiento pasivo restaurando movilidad y flexibilidad muscular, articular y de tejidos conectivos mandibulares, el cual permite obtener mediciones de la amplitud del movimiento (Zawawi et al., 2003). También se han realizado mediciones con tecnología LED, un Gnatohexagrafo, consistente en un sistema de cámaras CCD que reciben señales de marcadores LED (Fukui et al., 2002).

A pesar que la medición de la apertura mandibular es confiable, su valor diagnóstico es muy limitado por la relevante superposición de las distribuciones de frecuencias de los valores (en mm) relativos a los sujetos sanos y con disfunciones del sistema masticatorio (Palla, 2003: pág.199) como se ha reportado en diferentes estudios. Ya que los valores de sujetos sanos y de pacientes con alteraciones del sistema masticatorio son cercanos, normalmente los valores más altos dentro del rango de apertura bucal de sujetos sanos se superpone con los valores más bajos del rango de apertura de pacientes disfuncionados. Lo cual no simplifica la evaluación y diagnóstico de los trastornos témporomandibulares.

Por lo mismo varios estudios han evaluado la apertura bucal en pacientes con trastornos témporomandibulares, contrastando con pacientes sanos o estudiándolos individualmente (Palla, 2003: pág.199).

En 1960 Travell, contrastó la apertura bucal de pacientes sanos y con trastornos témporomandibulares, la hombres sanos tenían un rango de entre 50 y 73 mm de apertura bucal, mientras que los enfermos tenían una media de 46 mm; a su vez las mujeres sanas tenían un rango entre 45 a 65 mm, mientras que las mujeres con trastornos tenían una media de 44 mm (Gallagher et al., 2004).

Meeder et al., en 2010 estudiaron exclusivamente pacientes con trastornos témporomandibulares y dolor orofacial y al evaluar la apertura bucal en estos pacientes, consideraron otra variable de apertura, ya que son pacientes con disfunciones establecidas a priori, estas son apertura máxima sin dolor, con una media 38,3 mm, apertura máxima con dolor con 45,3 mm como media y apertura asistida con una media de 48 mm. Además encontraron que el 80,2% de los pacientes eran mujeres y sólo un 19,7% hombres, lo que se condice con otro estudio realizado por Yap et al, en 2003 (Meeder et al., 2010), el rango etario más observado fue entre los 19 y 29 años (38,7%) aunque el estudio de Yap et al., en 2003 reportó al grupo etario de 30-45 años como el con más prevalencia (Meeder et al., 2010). El dolor muscular local (81%) y el ruido articular (79%) son los signos y síntomas más prevalentes. A su vez la capsulitis/sinovitis se encuentran presentes en el 74% de los pacientes con trastornos témporomandibulares. (Meeder et al., 2010).

Estas variaciones de tipo de apertura bucal también son desarrolladas por Moipolai et al., en 2003 y con diferentes denominaciones, ellos mencionan la apertura máxima comfortable, sinónimo de apertura máxima sin dolor, la cual se logra pidiendo al

paciente que abra la boca hasta justo antes que el dolor se siente, momento en el que se pide al paciente que se detenga. También hacen referencia a la apertura completa sin ayuda, también conocida como apertura máxima voluntaria, apertura activa o amplitud del movimiento activo), la cual se logra haciendo que el paciente abra la boca lo más ampliamente posible, y por último la apertura asistida o apertura pasiva o amplitud de movimiento pasivo, la cual difiere de las anteriores, ya que se logra pidiendo al paciente que abra tan ampliamente como sea posible y entonces el operador aplica una fuerza suave y constante para determinar si la boca se puede abrir un poco más (Moipolai et al., 2003; Meeder et al., 2010).

Gallagher et al., en 2004 evaluaron una población de 1513 individuos adultos entre 16 y 99 años, incluyendo pacientes con y sin trastornos témporomandibulares. Los valores de apertura bucal para la población fue de 42.1 mm, siendo la media de 43.3 mm para hombres, con un rango entre 24 y 62 mm y una media de 41.1 mm para mujeres, con un rango de 24 a 58 mm. Considerando la variable edad se encontró una progresiva merma de la apertura bucal tanto en hombres como mujeres (más marcada en mujeres) en relación al incremento etario, considerando pacientes desde los 16 años. Al individualizar entre sujetos sanos y con trastornos témporomandibulares se encontró que los pacientes sanos tuvieron una media de 42.2 mm, a su vez la media para los hombres sanos fue 43.3 y para las mujeres sanas 41.4 mm. Los pacientes con trastornos témporomandibulares obtuvieron los siguientes valores, la media de la población fue de 41.6 mm, hombres con trastornos 43.1 mm y mujeres con trastornos 40.6 mm. (Gallagher et al., 2004). Este estudio ratifica lo expuesto anteriormente respecto de la superposición de valores entre sujetos sanos y con trastornos témporomandibulares. Lo que cuestiona la utilidad de la apertura bucal, pero es necesario acotar que dichas mediciones se pueden ver afectadas por diversos factores, por lo tanto es imprescindible poder desarrollar metodologías que no sean influidas por estas condicionantes.

Muchas investigaciones han demostrado que los valores de esta medición varían significativamente con diversos factores y por lo tanto su utilidad es limitada, entre estos factores están la edad, el género, la raza (Dijkstra et al., 1999; Zawawi et al., 2003 y Gallagher et al., 2004; Miller et al., 2006), longitud de la rama mandibular (Moipolai et al., 2003 y Miller et al., 2006); longitud mandibular (Gsellmann et al., 1998; Dijkstra et al., 1999 y Palla, 2003), y ángulo mandibular (Moipolai et al., 2003 y Miller et al., 2003 y 2006).

La influencia de estos factores se comporta de la siguiente manera:

La apertura lineal de la boca según Gallagher et al., en 2004 se reduce con la edad en adultos (Gallagher et al., 2004).

A su vez existe una correlación positiva entre la edad de los niños y la apertura bucal, aunque esto se correlaciona más bien con el incremento de la estatura y peso (Abou-Atme et al., 2008).

Respecto del género, diversos estudios demuestran que las mujeres abren menos la boca que los varones (Dijkstra *et al.*, 1999; Gallagher *et al.*, 2004; Mapelli *et al.*, 2009).

Eso sí, es importante considerar que la apertura bucal es mayor en hombres que en mujeres, pero las diferencias se cancelan cuando se corrige el largo mandibular (Mapelli *et al.*, 2009).

Respecto del largo mandibular y del ángulo mandibular, se encontraron diferencias significativamente estadísticas en la apertura bucal en pacientes con diferentes valores de estas mediciones, existiendo una correlación positiva entre el largo y el ángulo mandibular y el valor de apertura bucal (Dijkstra *et al.*, 1999).

Existe un método de medición de la apertura bucal el cual busca dar solución a las diferencias o influencias de género y dimensiones antropométricas, este destaca por su aplicabilidad clínica y sencillez, el cual no busca obtener valores lineales, sino más bien una apreciación de la salud de la articulación témporomandibular a través de la correlación de la apertura bucal y la capacidad de introducir en la boca tres o cuatro dedos alineados verticalmente; la idea es evaluar la capacidad de colocar dentro de la boca tres (índice, medio y anular) o cuatro dedos (índice, medio, anular y meñique), estos deben entrar hasta el pliegue de la interfalange distal de cada dedo, entre los incisivos superiores e inferiores, durante la apertura máxima voluntaria (Zawawi *et al.*, 2003, Abou-Atme *et al.*, 2008).

En un estudio realizado en adultos por Zawawi *et al.*, en 2003, los autores señalan que todos los sujetos de su estudio pudieron introducir tres dedos, y que menos del 10% pudo colocar 4 dedos, además señalan que existe una relación estadísticamente significativa entre la distancia de apertura bucal máxima voluntaria y la longitud de tres dedos, para ambas manos, siendo discrepante en relación a cuatro dedos (Zawawi *et al.*, 2003).

En otro estudio similar pero llevado a cabo en niños-adolescentes, los autores reportaron valores bastante similares, todos los participantes pudieron introducir tres dedos, y en este caso el 36% pudo interponer 4 dedos. Los investigadores relacionan este mayor porcentaje con la mayor frecuencia de hiper movilidad articular en los niños, aunque también consideran como factor relevante la edad, la cual se relaciona con el peso y estatura, que a su vez se relaciona con el tamaño de los dedos (Abou-Atme *et al.*, 2008), es decir que el hecho de que en los niños exista un mayor porcentaje que puede introducir 4 dedos en la boca, es por la discrepancia en el desarrollo corporal, y que las dimensiones antropométricas de un individuo aún no están establecidas. Este método busca tener una medición que incluya la individualidad de cada sujeto, ya que se observa la correlación entre la capacidad del individuo para abrir la boca y la de introducir sus dedos durante este procedimiento, lo que correlaciona sus propias características, soslayando problemas de género y también de estatura o dimensiones antropométricas (Zawawi *et al.*, 2003; Abou-Atme *et al.*, 2008).

El problema de este método es que no tiene mucha exactitud y pueden existir asimetrías individuales, además de discrepancias en las dimensiones corporales entre tamaño de la mano o dedos y de la boca, lo que no dice taxativamente que hubiese una disminución de la capacidad de apertura bucal (Zawawi *et al.*, 2003; Abou-Atme *et al.*, 2008).

Debido a la sólida información resultante de varias investigaciones acerca de la influencia de diversos factores como el género, edad y diferencias antropométricas individuales en los valores de las mediciones lineales de la apertura bucal, se creó el Temporomandibular Opening Index, TOI.

### **Índice de apertura Témporomandibular TOI**

En la búsqueda de aplicar un método sencillo, el cual pueda ser realizado por cualquier clínico en la práctica rutinaria para evaluar el estado de las articulaciones témporomandibulares y la cinemática mandibular en sí, se desarrolló el índice de apertura témporomandibular, TOI por su sigla en inglés (Temporomadibular Opening index).

Según algunas investigaciones además de ser sencillo el TOI tiene otra ventaja, que hipotéticamente soslaya la influencia de los factores antes mencionados, (Miller *et al.*, 2000, 2003 y 2006; Moipolai *et al.*, 2003 y Sari *et al.*, 2008), de hecho fue desarrollado para evitar estos problemas. Varias investigaciones afirman que el método TOI es mejor que la medición lineal (Miller *et al.*, 2000, 2003 y 2006 y Moipolai *et al.*, 2003). Además se ha encontrado útil para clasificar a los pacientes en diferentes categorías de diagnóstico, siendo capaz de diferenciar en dichas categorías con mayor eficacia que otros métodos para medir la apertura bucal (Moipolai *et al.*, 2003 y Miller *et al.*, 2003 y 2006).

Además se ha encontrado que en la investigación, la mayoría de los métodos de medición no son adecuados para uso clínico de rutina y su impacto en el diagnóstico clínico a veces es bastante limitado (Moipolai *et al.* 2003). El índice de apertura témporomandibular fue desarrollado para evitar estos problemas.

Este procedimiento clínico también ha sido utilizado para seguir el progreso del tratamiento en ciertos TTM, donde se han encontrado resultados que avalan que puede ser útil ya que con el paso del tiempo los valores de TOI de sujetos con TTM se acercan a los valores de sujetos sanos (Moipolai., 2003).

Es considerado un buen método, sobretodo en lugares o países con recursos limitados o alejados de las grandes orbes, como para acceder a métodos más complejos, costosos y que requieren mayores conocimientos técnicos (Moipolai *et al.*, 2003).

Además se encontró que el TOI puede tener una mayor capacidad diagnóstica en los pacientes con trastornos témporomandibulares sometidos a extracción quirúrgica de los terceros molares mandibulares, que la simple medición lineal. Por lo tanto, el índice de apertura témporomandibular (TOI) Puede ser recomendable para el resultado después

del tratamiento tanto en pacientes individuales, como en los estudios terapéuticos (Nekora-zaak et al., 2006).

El TOI es un coeficiente de diferencias relativas al total de dos mediciones lineales, una medición lineal es la apertura bucal máxima voluntaria o apertura activa y la otra es la apertura bucal máxima asistida o apertura pasiva (Miller et al., 2003, Moipolai et al., 2003), siendo la apertura bucal máxima asistida siempre mayor a la apertura bucal máxima voluntaria.

Dicho coeficiente es obtenido a partir de una fórmula de binomios  $(a-b)/(a+b)$ , esto es  $(\text{apertura bucal máxima asistida} - \text{apertura bucal máxima voluntaria}) / (\text{apertura bucal máxima asistida} + \text{apertura bucal máxima voluntaria}) \times 100$ . (Miller et al., 1999, citado por Miller et al., 2003).

FIG. 7. Ecuación TOI

$$\text{TOI} = \frac{\text{Apertura Bucal Máxima Asistida}_{\text{mm}(-)} - \text{Apertura Bucal Máxima Voluntaria}_{\text{mm}}}{\text{Apertura Bucal Máxima Asistida}_{\text{mm}(+)} + \text{Apertura Bucal Máxima Voluntaria}_{\text{mm}}} \times 100$$

Mientras más cercanas la apertura bucal máxima voluntaria y la apertura bucal máxima asistida menor será el valor de TOI, lo que indicaría que el sujeto está sano, es decir entre más bajo sea este coeficiente, mejor será el estado del paciente. A modo de ejemplo si algún sujeto tiene valores de apertura bucal máxima voluntaria de 40 mm y de apertura bucal máxima asistida de 50 mm, su TOI será 0,11, es decir 11%. A su vez si el valor para la apertura bucal máxima voluntaria es de 48 mm su valor de TOI será 0,04, es decir 4%, siendo este último un mejor indicador de salud para ATM

No obstante todo lo anteriormente mencionado el cálculo de TOI no es más que un coeficiente de diferencias relativas al total de las mediciones lineales, con la fórmula de binomios mencionada y en ningún caso es un nuevo método de medición de la apertura bucal.

A su vez sigue siendo una medición lineal de la apertura bucal, y esta apertura consiste en un movimiento angular, al igual que todas las articulaciones móviles del cuerpo humano.

### Medición angular de la apertura bucal

La cuantificación del desplazamiento angular se utiliza comúnmente en la evaluación de la movilidad de las articulaciones periféricas del cuerpo humano (Dijkstra et al.,

1999). En el ámbito médico-kinesiológico tanto la evaluación diagnóstica como la valoración de la efectividad y cambios durante el tratamiento articular es un fenómeno angular, por ende se considera necesario poder aplicar esta metodología a la articulación temporomandibular, sin duda la ATM no es como el común de las articulaciones periféricas, empero no es una excusa para no aplicar todos los avances tecnológicos actuales en tal empresa.

La movilidad de la articulación temporomandibular es representada por la apertura bucal, pero a su vez la apertura bucal medida linealmente también refleja la longitud mandibular, es decir la distancia entre el cóndilo mandibular y los incisivos inferiores. En consecuencia, los sujetos con la misma movilidad de sus articulaciones temporomandibulares pueden diferir considerablemente de unos a otros con respecto a la apertura mandibular lineal debido a las diferencias en el largo mandibular (Gsellmann et al., 1998; Dijkstra et al., 1999). Por lo tanto variables morfológicas del hueso mandibular, tales como el largo de la rama mandibular y el ángulo mandibular o ángulo goníaco, inciden en la obtención de valores lineales de apertura bucal (Dijkstra et al., 1999 y Gökçe et al., 2009).

Una medida de la movilidad de la ATM, que es independiente de largo mandibular, es el desplazamiento angular de la mandíbula en relación al cráneo, lo que Dijkstra denominó el ángulo de apertura bucal (Dijkstra et al., 1999 y Gökçe et al., 2009).

Según Mapelli el ángulo de apertura bucal es mayor en hombres que en mujeres, pero las diferencias se cancelan cuando se corrige el largo mandibular (Mapelli et al., 2009). Es decir, que las diferencias se hacen patentes por las diferencias antropométricas, no por el género en sí mismo.

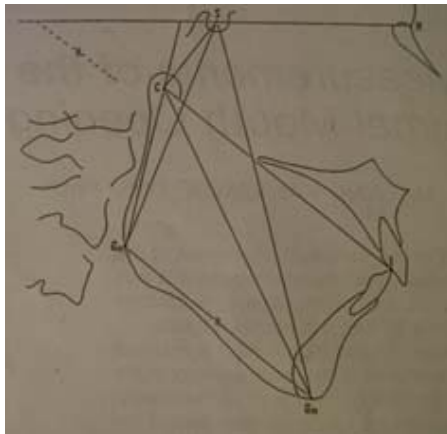
El ángulo de apertura mandibular ha sido evaluado con distintas metodologías, entre ellas se encuentran métodos de laboratorio, complejos aparatos de registro, imágenes radiográficas, o métodos clínicos de evaluación, tales como un goniómetro, además de la utilización de cálculos del ángulo de apertura bucal, utilizando un modelo de ecuación matemático (Dijkstra et al., 1999).

Dijkstra sugiere el goniómetro, el cual ha sido desarrollado para medir de forma fiable y certera el ángulo de apertura bucal clínicamente (Dijkstra et al., 1999).

El Goniómetro mandibular como se mencionó anteriormente es un aparato diseñado para medir la amplitud del movimiento mandibular, expresado como un ángulo. Esta aparatología se diseñó inicialmente siendo fijada a los dientes y posteriormente se modificó fijando el goniómetro al mentón o barbilla del sujeto a estudiar. Una vez posicionado el goniómetro mandibular en contra del borde inferior de la mandíbula el paciente debe llevar la mandíbula a MIC y el goniómetro se posiciona en cero, luego el sujeto en estudio debe abrir la boca activa y ampliamente hasta donde pueda, y en ese momento se debe registrar el valor angular (Dijkstra et al., 1999 y Gökçe et al., 2009). Aunque presenta el inconveniente de usar aparatología y costo, lo cual merma su utilidad clínica (Moipolai et al., 2003).

Otro método mencionado es la utilización de una telerradiografía lateral de cráneo, para realizar una cefalometría (FIG. 8), en la cual se marcan hitos o puntos anatómicos desde los cuales se hacen trazados, y a partir de estos se llevaran a cabo mediciones lineales y angulares. Estos hitos por ejemplo pueden ser un punto condilar (C), un punto incisivo (I), Gnation (Gn) y Gonion (Go); y de estos podemos obtener mediciones o cálculos del ángulo mandibular (C-Go-Gn), la longitud de la rama mandibular (C-Go), el largo mandibular (C-I) o el largo total del hueso mandibular (C-Gn), dependiendo de lo que se requiera evaluar y medir. Específicamente el ángulo mandibular se puede medir usando un transportador matemático ocupando como bisectriz del ángulo el borde posterior de la rama y el borde inferior del cuerpo mandibular. (Muto y Kanazawa., 1996) (FIG.8.)

FIG. 8. Trazados cefalométricos. Mediciones angulares y lineales mandibulares en una posición de cierre.



Donde C: punto condilar; Gn: Gnación; Go: Gonion; I: Punto incisivo; S: Silla turca.

Para medir la apertura bucal se deben superponer los trazados de dos imágenes radiográficas, una en MIC y otra en apertura máxima voluntaria (Muto y Kanazawa et al., 1996).

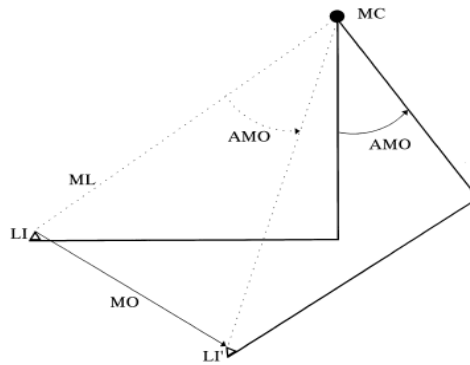
Los métodos de laboratorio o radiográficos no son adecuados para la práctica clínica debido a la necesidad de aparatología, el costo de esta, la radiación emitida o a la complejidad del método en sí mismo, a su vez los métodos más simples no son suficientemente fiables o certeros (Dijkstra et al., 1999).

En la literatura existen algunos datos del ángulo de apertura bucal. En un estudio Muto y Kanazawa, en 1996 reportaron valores de 37.6 como media para ambos sexos, 39.1° en hombres y 36.3° en mujeres (Muto y Kanazawa, 1996); el mismo Dijkstra encontró que los valores de ángulo de apertura bucal varían desde 27,7° a 51° (Dijkstra et al., 1995) y 28° a 51° (Dijkstra et al., 1999). En un estudio que comparó al ángulo de apertura bucal de dentados y desdentados, se reportó que los dentados tenían valores

mayores que los desdentados,  $33^\circ$  los dentados y  $30^\circ$  los desdentados, la media para toda la población fue de  $31^\circ$  (Gokçe et al., 2009).

Otra metodología desarrollada es la utilización de modelos matemáticos, para los cuales muchas veces se debe utilizar aparatología de igual forma (Dijkstra et al., 1999). Dijkstra propone la utilización de ecuaciones matemáticas para calcular la apertura bucal, donde desde un punto de vista teórico se necesita el largo mandibular, distancia comprendida entre el cóndilo mandibular y un punto incisivo, además del ángulo mandibular (Dijkstra et al, 1999) (Fig. 9).

Fig. 9. Diagrama apertura bucal sin traslación.

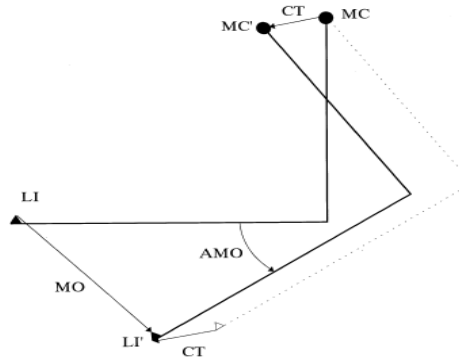


Donde MC: punto condilar fijo. ML: Largo mandibular. MO: Apertura bucal lineal. AMO: Ángulo de apertura bucal. LI: Punto incisivo en cierre. LI': Punto incisivo en apertura máxima.

Donde  $MO = ML \times \text{AMO}$ . Ahora, si quisiera evaluar el ángulo mandibular se debe cambiar la incógnita de la fórmula y ahora se necesita la apertura bucal lineal. Es decir quedaría en  $\text{AMO} = ML/MO$ . Esto es sencillo pero se debe considerar la participación de la traslación condilar, ya que lo anterior es en el caso de una rotación a partir de un punto fijo.

Como la apertura bucal máxima tiene un considerable componente traslacional, se debe considerar en las variables de la ecuación. Importante tener presente que el movimiento traslacional se dirige hacia abajo y adelante, lo que conlleva una merma en el valor lineal de la apertura mandibular medida incluyendo la traslación en relación al obtenido con un punto fijo, considerando la misma rotación (Dijkstra et al, 1999) (Fig.10).

Fig. 10. Diagrama apertura bucal con traslación



Donde MC: punto condilar fijo. ML: Largo mandibular. MO: Apertura bucal lineal. AMO: Ángulo de apertura bucal. LI: Punto incisivo en cierre. LI': Punto incisivo en apertura máxima. CT: Desplazamiento condilar.

Es plausible que la traslación condilar no está distribuida al azar en la población, pero está linealmente relacionada con el ángulo de apertura bucal y el largo mandibular (Dijkstra et al, 1999). Otros autores señalan que la apertura bucal máxima se relaciona significativamente con el ángulo máximo de apertura de la boca, pero no con la traslación del cóndilo (Mapelli et al., 2009).

Ahora bien el desplazamiento condilar ha sido reportado con valores diversos, Falkenstro en 1993 reportó valores de 11 a 29 mm (Dijkstra et al, 1999), otro estudio reportó 19,3 mm para la población general, y 20,5 mm para hombres y 18,1 mm para mujeres (Muto y Kanazawa, 1996), un estudio realizado por Gsellmann et al., en 1998 reportó una media de 16 mm con un rango entre 8,1 y 24,2 para la población, específicamente para mujeres reportó una media de 13,8 con un rango entre 8,8 y 24,2 y para los hombres reportó una media de 16,6 con un rango entre 8,1 y 21,8 (Gsellmann et al., 1998), otra investigación hecha en mujeres arrojó una media de 12,8 mm con un rango de 8,1 a 19,2 mm (Fukui et al., 2002).

Debido a la diversidad de valores para la traslación condilar, Dijkstra señala que disminuye la exactitud de los cálculos. Lamentablemente no existen disponibles métodos sencillos de medición clínica de la traslación condilar, por lo cual no se puede conocer de manera exacta los valores de esta (Dijkstra et al, 1999). Respecto lo anterior Dijkstra comparó varias fórmulas, y las que no consideraban el movimiento condilar sobreestimaban los valores de apertura, a su vez la ecuación que consideraba el desplazamiento condilar obtuvo una dispersión menor de los datos.

A pesar de las modificaciones la siguiente ecuación que propone Dijkstra, tiene un error de +/- 11%:

$$AMO = (MO - C2) / C1 \times ML$$

Dónde C1= 0,53 y C2= 25,2.

AMO corresponde al ángulo de apertura bucal, MO a la apertura bucal, ML al largo mandibular.

Como se mencionó anteriormente, en relación al largo mandibular y al ángulo mandibular, se han encontrado diferentes valores de las mediciones de apertura bucal siendo significativamente estadística, la correlación positiva entre el largo, el ángulo mandibular y el valor de apertura bucal (Dijkstra et al., 1999).

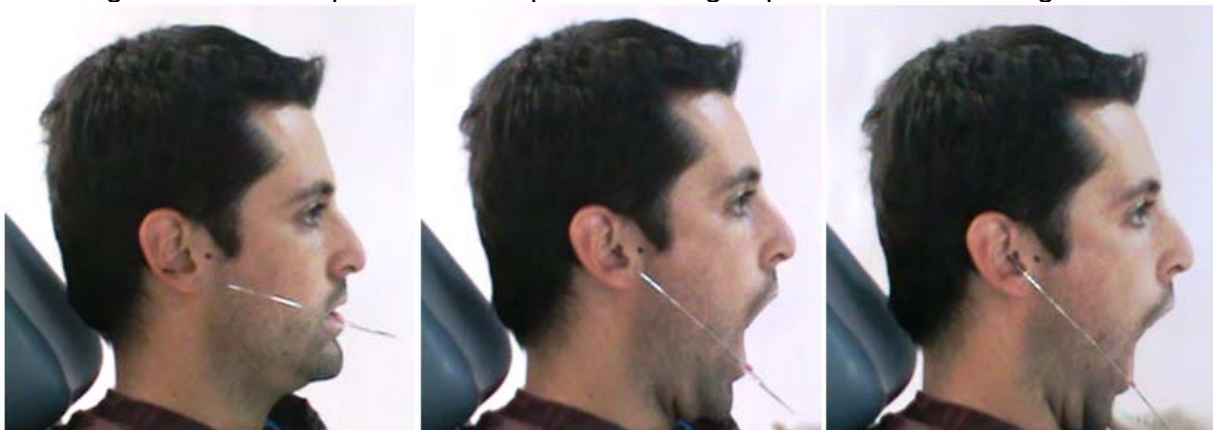
Es por esto que al abordar y evaluar la apertura bucal de una manera angular incorporamos estas variables antropométricas, menguando la influencia en los resultados, que se hace patente en la medición lineal de estas, y por lo tanto en pacientes con la misma movilidad articular de la ATM, existen valores lineales diversos, lo que dificulta el diagnóstico de estos, y en consecuencia su posible ulterior tratamiento.

Para esto es importante y necesario desarrollar un método fiable, certero y sencillo para determinar el ángulo de apertura mandibular, como referencia de la cinemática témporomandibular y estado del sistema masticatorio.

### **Mediciones angulares por captura de imagen**

Para desarrollar dicho método realizaremos mediciones fotográficas desde una vista sagital estandarizada de sujetos en movimientos de apertura bucal, desde MIC hasta apertura bucal máxima asistida, incluyendo apertura bucal máxima voluntaria, con un arco oclusal (aparato diseñado para este estudio) que sirve de referencia para las mediciones. Dichas imágenes serán analizadas por software computacional que arrojará ángulos de apertura bucal (FIG. 11).

Fig. 11. Paciente por método captura de Imagen para mediciones angulares



Izquierda: MIC Centro: Apertura bucal máxima voluntaria Derecha: Apertura bucal máxima asistida.

La variabilidad de estos valores será comparada con el TOI obtenido de mediciones lineales de apertura bucal en los mismos sujetos.

En relación a lo reportado en la literatura creemos que existe una correlación entre la apertura bucal, el ángulo de apertura bucal y la longitud mandibular, por lo cual se puede elaborar una ecuación sencilla que permita obtener el ángulo de apertura bucal conociendo las otras dos variables. Para llegar a desarrollar dicha ecuación, es necesario determinar primero si los valores angulares de la apertura bucal aportan mayor información que la rutinaria medición lineal, lo cual justificaría el desarrollo de una nueva metodología de medición.

De ser así la obtención de valores angulares de apertura bucal proporcionarían información más específica y certera de cada paciente, lo que permitiría evaluar de manera más individual a cada paciente y a su vez si es necesario controlar y evaluar la eficacia de diversos tratamientos o evoluciones clínicas en cirugía maxilofacial, ortodoncia y ortopedia maxilofacial, rehabilitación oral así como en TTM

## ***Objetivos e Hipótesis***

---

## Objetivos

### Objetivo General

- Comparar las variaciones de la medición TOI v/s mediciones angulares de apertura bucal.

### Objetivos Específicos

- Describir estadísticamente la dimensión lineal del movimiento de apertura bucal en una población de sujetos sanos.
- Describir estadísticamente la dimensión angular del movimiento de apertura bucal en una población de sujetos sanos
- Comparar los valores lineales de apertura bucal de una población articularmente sana y una con TTM.
- Describir una metodología matemática basada en relaciones antropométricas con potencial asociación a la dimensión angular del movimiento de apertura mandibular.

## **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias entre la variabilidad de las mediciones de TOI y mediciones angulares de apertura bucal.

H1: Si existen diferencias entre la variabilidad de las mediciones de TOI y mediciones angulares de apertura bucal.

## ***Materiales y Método***

---

## Materiales y Método

Este es un estudio cuantitativo descriptivo que buscó comparar método TOI vs las mediciones angulares por captura de imagen en la medición de la apertura bucal como análisis de la cinemática témporomandibular, en pacientes de ambos sexos, mayores de 18 años, en la ciudad de Valparaíso.

### Sujetos de estudio

El universo de este estudio estuvo constituido por los estudiantes mayores de edad de Pregrado de la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso, Chile en el 2011. El número total de pacientes que conformaron este universo es de 521 sujetos, los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

### Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de inclusión serán los siguientes:

Personas que otorguen su consentimiento informado para participar en la investigación.  
Mayores de 18 años.

Los criterios de exclusión serán los siguientes:

Desdentados totales

Desdentados parciales con extremos libres o ausencia de pilares posteriores

Desdentados parciales con ausencia de los dos incisivos centrales superiores o los dos inferiores.

Desdentados con compromiso de DVO, overbite u overjet.

Pacientes con bloqueo articular y alteraciones en la biomecánica intracapsular como desplazamiento discal (con y sin reducción).

Pacientes con otros TTM y DOF severo o en tratamiento.

Pacientes con aparatología ortodóntica fija vestibular.

Pacientes con historia de trauma en la región maxilofacial

### Muestra y forma de selección

La selección de sujetos fue no probabilística de voluntarios, del universo de alumnos de la Escuela de Pregrado de la Facultad de Odontología. Con  $\alpha=0,05$ ; potencia de 80% y una estimación inicial del valor de  $r=0,5$  (para la media de las dimensiones lineales y angulares expresadas en grados), el planteamiento bilateral correspondería a una muestra de 94 sujetos según la siguiente fórmula:

$$n: \frac{N Z_{1-\alpha/2}^2 S^2}{N e e^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 S^2}$$

Donde N: tamaño población  $\alpha$ : Nivel de significancia S2: Desviación estándar y ee: error estimación.  
S2: 6.2, obtenida de Dijkstra et al., 1999.

## **Análisis de los datos**

Los datos fueron analizados con el software de análisis estadístico Excel + DDXL + XL-Stat; Minitab 14; Stata. Se realizó un análisis de normalidad de datos Kolmogorov-Smirnov, contraste de hipótesis para varianza entre las matrices de los datos lineales y angulares.

## **Diseño de la investigación**

Nuestro estudio ha de considerarse de tipo observacional descriptivo cuantitativo, el cual se limita a medir variables sin intervención en éstas por parte de los investigadores.

Todos los sujetos incluidos en esta investigación entregaron su consentimiento informado firmado y con sus datos personales, tras haberlo leído en presencia de los investigadores, de modo de poder dar resolución a cualquier duda que se presentase (Anexo 1).

Se realizó una ficha a cada uno de los sujetos participantes con un número de identificación, que registró ciertos datos antes de realizar las mediciones que también fueron incluidas en dicha ficha (Anexo 2).

Todos los sujetos incluidos en el estudio fueron evaluados por medio del método TOI y por mediciones angulares por captura de imagen.

## **Método TOI**

El paciente estuvo sentado en el sillón dental, en una posición cómoda con las manos apoyadas en los respaldos.

Se realizó una medición lineal en los pacientes, la cual consistió en medir la distancia entre el borde incisal del incisivo central superior derecho y el borde incisal del incisivo central inferior derecho durante la apertura máxima voluntaria o apertura activa y apertura pasiva, a esto se le sumó el overbite o sobremordida vertical. Se realizó con un pie de metro. La medición se llevó a cabo por dos operadores una vez cada uno individualmente antes y después de colocar el arco oclusal, tanto para la apertura bucal máxima voluntaria como para la apertura máxima asistida. Se tomará como valor definitivo la media de estas cuatro mediciones. Antes de hacer las mediciones se le indicará al paciente que realice una apertura bucal voluntaria máxima en 10 oportunidades seguidas

## **Mediciones angulares Captura de Imagen**

A cada uno de los pacientes se le colocó una aparatología sencilla, un “arco oclusal”, el cual consiste en un alambre de ortodoncia de 1 mm de grosor fijado con resina compuesta fotopolimerizada por 15 segundos y la previa aplicación de sistema adhesivo (sin grabado ácido) a la cara vestibular de dos dientes del cuadrante inferior

derecho, paralelo al plano oclusal. Dicho arco oclusal tiene una asa extraoral que se proyecta paralela a la mejilla del paciente. En la porción anterior del asa extraoral del arco oclusal se colocó un marcador de cera rosada (proyección del punto interincisivo) el cual sirvió para medir el largo mandibular (distancia Cóndilo- Punto interincisivo), y además sirvió de indicador del desplazamiento condilar junto a otro marcador tegumentario, consistente en un punto con un marcador permanente no tóxico a nivel del polo externo del cóndilo mandibular.

Esta metodología del arco oclusal fue específicamente diseñada para esta investigación, entre sus ventajas destacamos su sencillez tanto en los materiales necesarios como en su implementación, la rapidez con la cual se pueden realizar las mediciones, es de un costo relativamente bajo, ya que todos los materiales e instrumentos necesarios son de uso común en la clínica odontológica. Además es muy poco voluminoso, lo cual no interfiere en la musculatura ni en las relaciones interoclusales.

Las imágenes de video se obtuvieron con una cámara de video digital Sony Webbie HD MHS-CM1. Tras capturar las imágenes el arco fue removido. Tras la obtención de estos ángulos se agregaron estos datos a la ficha de cada uno de los sujetos. La edición de las imágenes se realizó con Software Photoshop Element 9 con el cual se obtuvo los ángulos de apertura, esto por medio de la captura de imagen en MIC, en apertura bucal máxima voluntaria y apertura bucal máxima asistida.

### **Materiales necesarios**

Regla metálica de 10 cm.  
 Calibrador Vernier  
 Cámara de video digital Sony Webbie HD MHS-CM1  
 Computador  
 Software Photoshop Element 9.  
 Software de análisis estadístico Excel+ DDXL +XL-Stat; Minitab 14; Stata.  
 Lápiz pasta azul punta gruesa  
 Marcador permanente no tóxico  
 Hojas de papel  
 Impresora  
 Carpeta tamaño oficio  
 Resina Compuesta con sistema adhesivo  
 Lámpara LED  
 Guantes quirúrgicos de látex y vinilo.  
 Mascarillas  
 Alambre de Ortodoncia 1 mm  
 Alicata punta plana  
 Alicata punta redonda  
 Cizalla  
 Cera Rosada  
 Bandejas de examen (con sonda curva, espejo y pinza de curaciones)

Servilletas  
 Eyectores  
 Sistema rotatorio  
 Escobillas de profilaxis y pasta profiláctica  
 Algodón y alcohol

### Seguridad en la obtención de datos

Variaciones del observador: la medición análoga (mecánica) fue realizada por dos operadores 1 vez cada uno antes y después de colocar el arco oclusal, individualmente, siendo el promedio de estas el valor final.

Variaciones entre observadores: serán sólo dos operadores los que realizarán las mediciones análogas (mecánicas), los cuales se calibraron previamente con una muestra piloto.

Propios del instrumento de medición: utilización de un sólo instrumento de medición para todas las mediciones análogas, esto es, un pie de metro.

La medición de las imágenes fue realizada con software Photoshop Element 9.

Propios de la técnica de medición: las mediciones fueron realizadas en la clínica de la Escuela de odontología con luz natural. Los valores de la medición análoga fueron expresados en números enteros (mm) con un decimal. Los valores digitales fueron expresados en grados ( $X^\circ$ ) con un minuto ( $X^\circ X'$ ). Las mediciones angulares no tienen variaciones a pesar de la distancia en que sean realizadas, no obstante se estandarizó una distancia y altura de medición por ergonomía.

### Variables a medir

La especificación de las variables se muestra a continuación:

#### 1. Apertura bucal máxima voluntaria o activa:

Definición conceptual	Desplazamiento mandibular rototraslacional en el plano sagital hasta el límite ligamentario sin sensación de dolor perceptible por la persona.
Definición operacional	Distancia lineal en mm comprendida entre el borde incisal del incisivo central superior derecho e inferior derecho, sumándole el overbite o sobremordida vertical cuando el sujeto abre voluntariamente la boca hasta justo antes de presentar dolor.
Escala de medición	Cuantitativa – Continua Lineal en mm y pixeles

## 2. Apertura bucal máxima asistida o pasiva:

Definición conceptual	Desplazamiento mandibular rototraslacional en el plano sagital hasta el límite ligamentario inducida por el operador.
Definición operacional	Distancia lineal en mm comprendida entre el borde incisal del incisivo central superior derecho y el inferior derecho, sumándole el overbite o sobremordida vertical cuando el operador induce la apertura bucal del sujeto hasta donde se pueda.
Escala de medición	Cuantitativa – Continua Lineal en mm y pixeles

## 3. Ángulo de apertura bucal máxima voluntaria o activa:

Definición conceptual	Medición angular observada desde el plano sagital cuando la mandíbula realiza un Desplazamiento rototraslacional en el plano sagital hasta el límite ligamentario sin sensación de dolor perceptible por la persona.
Definición operacional	Ángulo formado entre dos líneas rectas constituidas por el asa externa del arco oclusal en MIC y en Apertura máxima voluntaria, medida en grados y/o radianes.
Escala de medición	Cuantitativa – Continua Angular en grados (°)

## 4. Ángulo de apertura bucal máxima asistida o pasiva:

Definición conceptual	Medición angular observada desde el plano sagital cuando la mandíbula realiza un Desplazamiento rototraslacional en el plano sagital hasta el límite ligamentario inducida por el operador.
Definición operacional	Ángulo formado entre dos líneas rectas constituidas por el asa externa del arco oclusal en MIC y en Apertura pasiva, medida en grados y/o radianes.
Escala de medición	Cuantitativa – Continua Angular en grados (°)

## 5. Género:

Definición conceptual	El género es la categoría correspondiente al orden sociocultural configurado sobre la base de la sexualidad. Es una categoría relacional que busca explicar una construcción de un tipo de diferencia entre los seres humanos.
Definición operacional	Clasificación dicotómica respecto hombre o mujer
Escala de medición	Dicotómica Masculino - Femenino

**Criterios para la selección de las variables**

## Variables de exclusión

Se decidió excluir variables tales como raza, estatura y masa corporal ya que este estudio, está dirigido a comparar la exactitud y fiabilidad en la medición de la apertura bucal del método TOI vs mediciones angulares por captura de imagen en la evaluación de la cinemática témporomandibular; independiente de los factores antes mencionados.

## ***RESULTADOS***

---

## RESULTADOS

### Normalidad de los Datos

La primera parte del análisis estadístico está dirigido a evaluar la normalidad de los datos mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov.

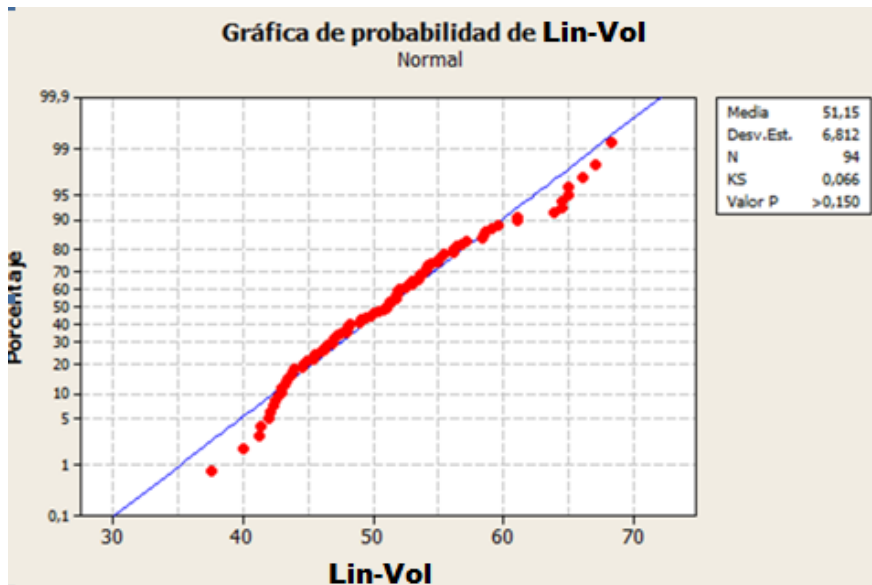


GRÁFICO 1. Prueba de normalidad de datos para las mediciones lineales de apertura bucal máxima voluntaria.

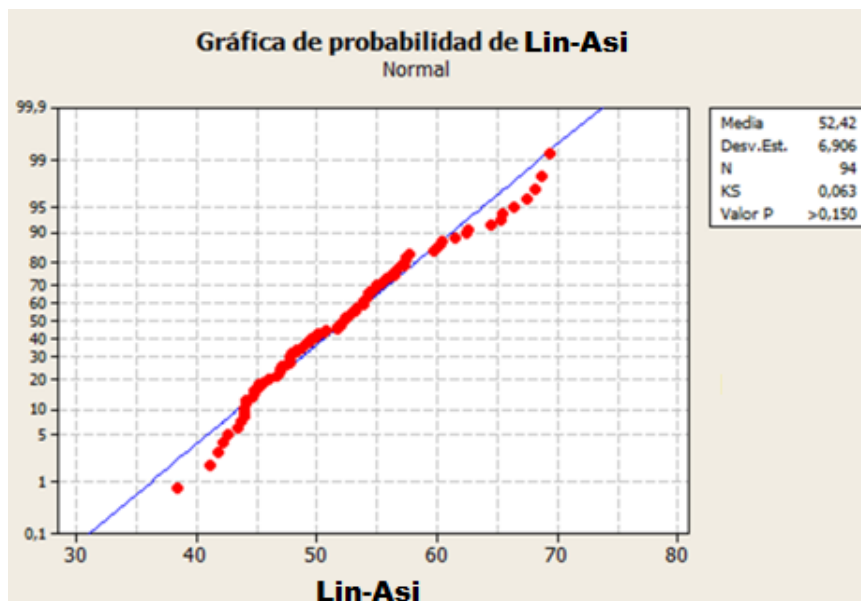


GRÁFICO 2. Prueba de normalidad de datos para las mediciones lineales de apertura bucal máxima asistida.

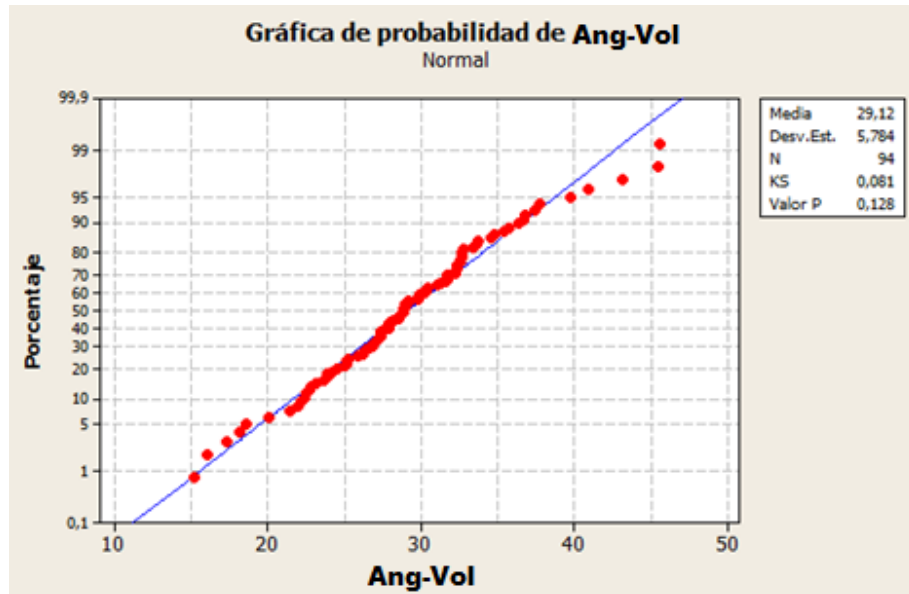


GRÁFICO 3. Prueba de normalidad de datos para las mediciones angulares de apertura bucal máxima voluntaria.

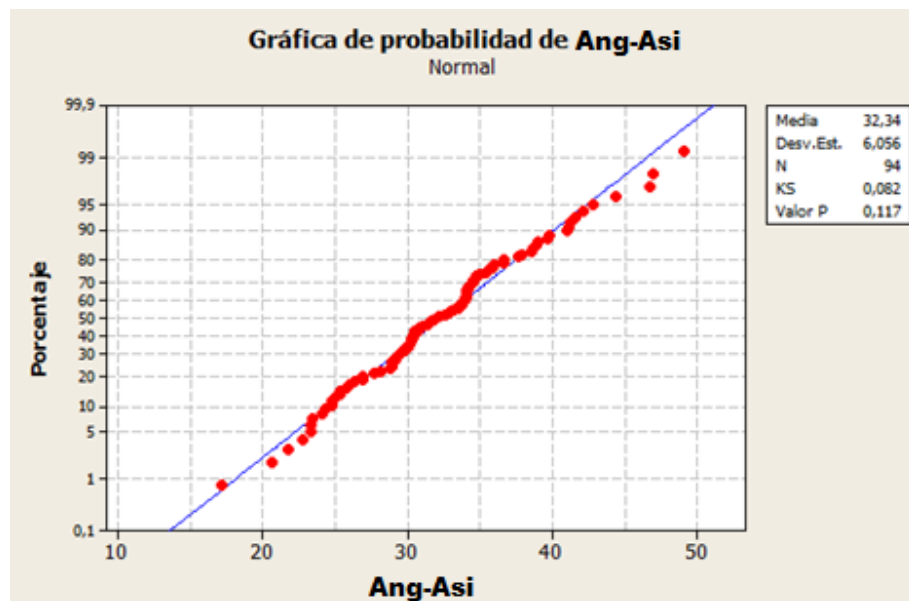


GRÁFICO 4. Prueba de normalidad de datos para las mediciones angulares de apertura bucal máxima asistida.

Todos los datos cuantitativos lineales así como los angulares siguen una distribución estadísticamente normal.

## Comparación TOI vs mediciones angulares

La segunda parte del análisis estadístico direcciona a comparar las variaciones de la medición TOI vs las mediciones angulares del movimiento de apertura bucal. Para determinar dicha variabilidad se realizaron dos análisis, los coeficientes de variación y la prueba de igualdad de varianzas.

En la Tabla II se observan los coeficientes de variación de las aperturas bucales voluntarias y asistidas lineales y angulares. El coeficiente de variación consiste en el cociente entre la desviación estándar y la media de los datos ( $CV=DS/media$ ) (Miller y Feltz, 1977 citado por Martin y Luna del Castillo, 2004).

Coeficientes de Variación	Apertura bucal máxima voluntaria	Apertura bucal máxima asistida
Lineales	0,133	0,132
Angulares	0,199	0,187

TABLA.II. Coeficientes de variación en Apertura bucal máxima Voluntaria y Apertura bucal máxima Asistida lineal y angular.

Las diferencias entre coeficientes de variación entre las mediciones de apertura bucal angulares y lineales, tanto en sus modalidades voluntaria como asistida fueron significativamente estadísticas ( $p<0,001$ ), para un nivel de significancia ( $p<0,05$ ).

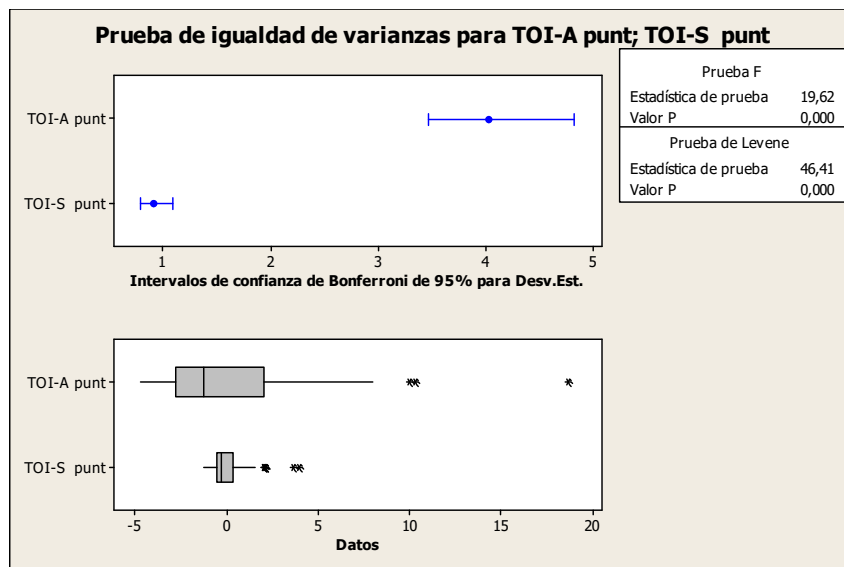


GRÁFICO 5. Prueba de igualdad de varianzas para las puntuaciones diferenciales de TOI angular y TOI lineal.

Se comparó la varianza entre los conjuntos de datos, para esto se analizó la diferencia puntual para cada medición entre TOI angular y la media general de TOI angular; luego la diferencia puntual entre TOI lineal y la media general de TOI lineal.

La diferencia puntual consiste en el valor de una variable menos la media de su conjunto y sirve para comparar dos conjuntos de datos de diferentes escalas, ya que compara las diferencias relativas y no absolutas, ya que las mediciones lineales y las mediciones angulares no son comparables directamente porque son de distinta naturaleza.

De este cálculo de varianzas se obtuvo una diferencia significativa entre ambas. Esto implica que las mediciones angulares de la apertura bucal tienen una mayor variabilidad intrínseca que las mediciones lineales para la misma población.

La tercera parte del análisis estadístico está dirigido a la descripción de los valores lineales y angulares obtenidos.

### Descripción dimensiones lineales

<i>Variable</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Edad	94	22,840	3,049	13,35	18	32
Voluntaria						
Total	94	51,146	6,812	13,32	37,60	68,40
Femenino	31	48,29	6,05	12,53	37,60	67,10
Masculino	63	52,552	6,768	12,88	41,30	68,40
Asistida						
Total	94	52	6,906	13,17	38,50	69,50
Femenino	31	49,45	6,02	12,18	38,50	68,20
Masculino	63	53,883	6,884	12,78	41,80	69,50

TABLA III. Estadística descriptiva de la dimensión lineal del movimiento de apertura bucal máxima voluntaria y asistida en la muestra.

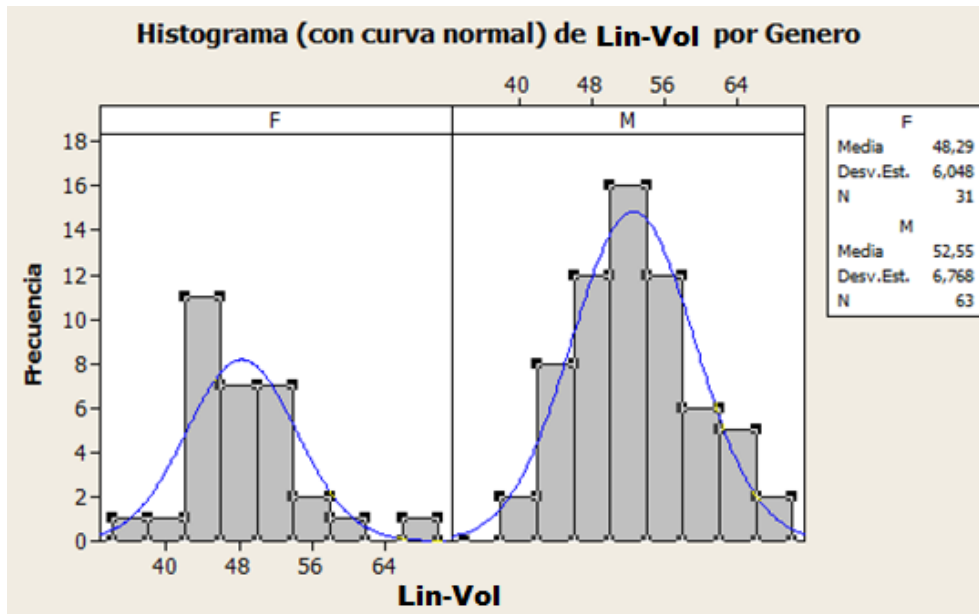


GRÁFICO 6. Histograma con curva normal de las mediciones lineales de apertura bucal máxima voluntaria por género.

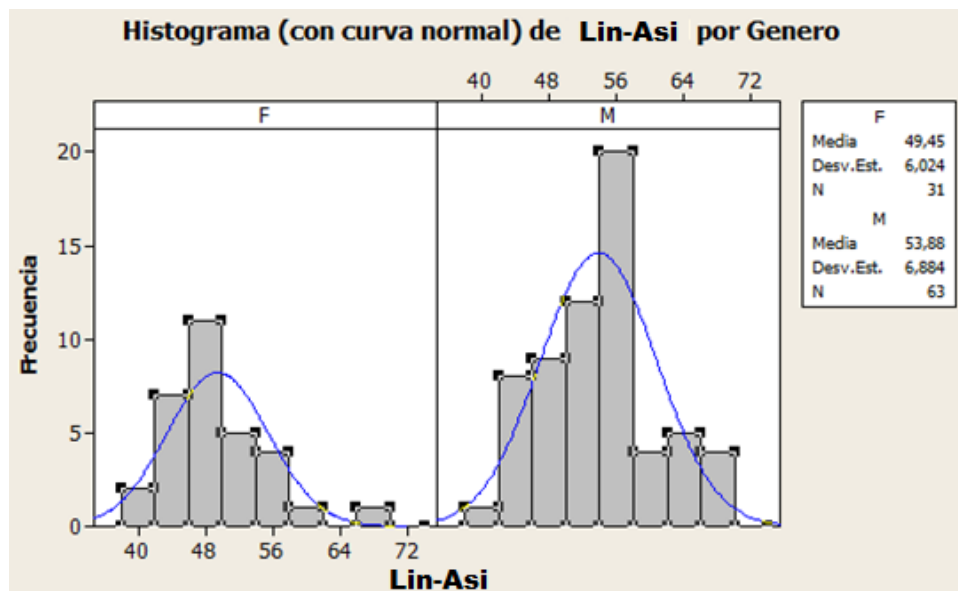


GRÁFICO 7. Histograma con curva normal de las mediciones lineales de apertura bucal máxima asistida por género.

### Descripción dimensiones angulares

Variable	n	Media	DS	CV	Mínimo	Máximo
<i>Edad</i>	94	22,84	3,049	13,35	18	32
<b>Voluntaria</b>						
Total	94	29,17	5,784	19,87	15,20	45,50
Femenino	31	28,89	6,22	21,54	15,20	45,40
Masculino	63	29,23	5,605	19,18	16,10	45,50
<b>Asistida</b>						
Total	94	32,34	6,056	18,73	17,20	49,00
Femenino	31	32,33	6,250	19,34	21,80	46,90
Masculino	63	32,34	6,008	18,58	17,20	49,00

TABLA .IV. Estadística descriptiva de la dimensión angular del movimiento de apertura bucal máxima voluntaria y asistida en la muestra.

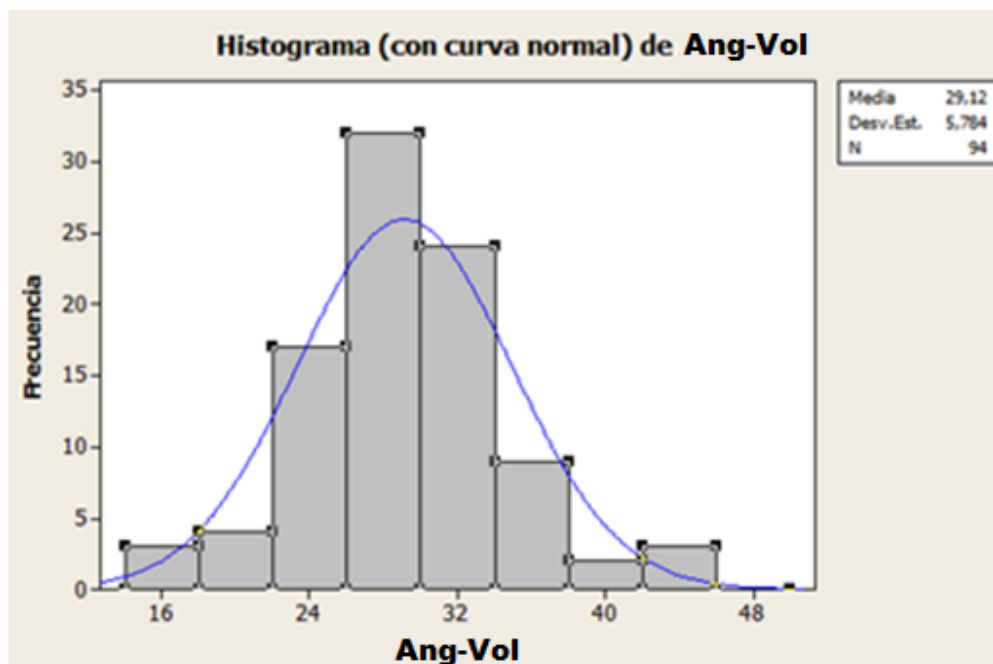


GRÁFICO 8. Histograma con curva normal de las mediciones angulares de apertura bucal máxima voluntaria global.

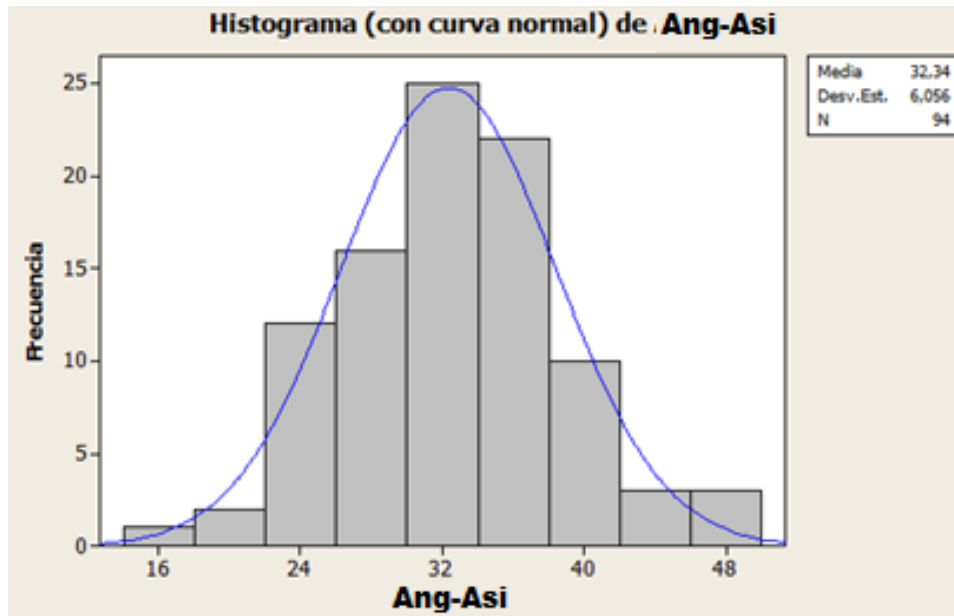


GRÁFICO 9. Histograma con curva normal de las mediciones angulares de apertura bucal máxima asistida global.

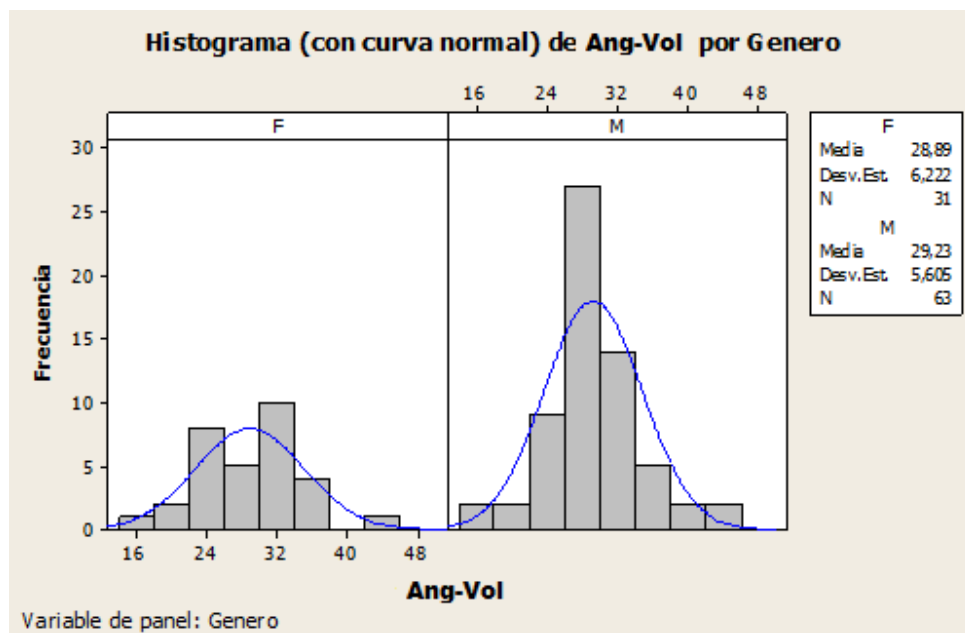


GRÁFICO 10. Histograma con curva normal de las mediciones angulares de apertura bucal máxima voluntaria por género.

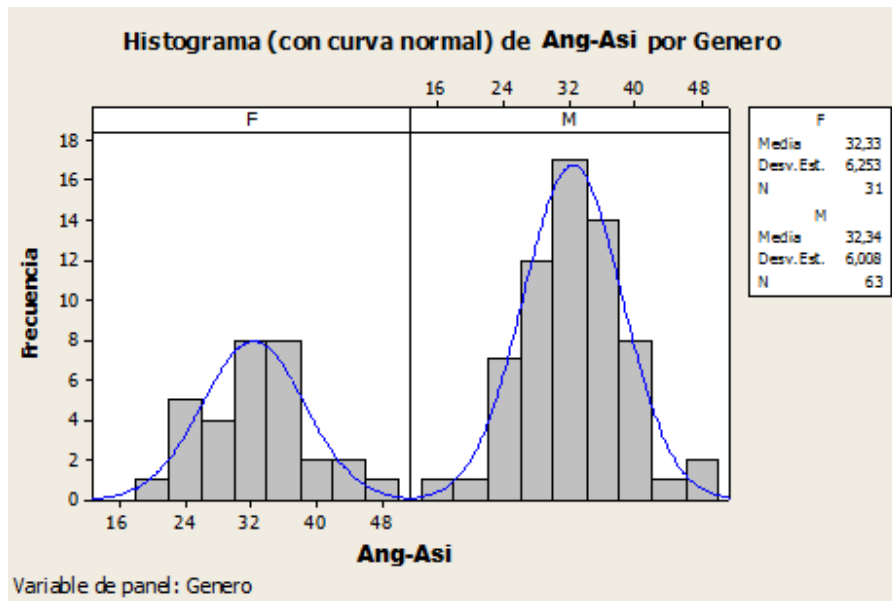


GRÁFICO 11. Histograma con curva normal de las mediciones angulares de apertura bucal máxima asistida por género.

### Comparación valores lineales sanos vs TTM

La última parte del análisis estadístico apunta a comparar los valores lineales de apertura bucal entre pacientes sanos y con TTM, para esto se utilizó una base de datos de pacientes con TTM de la Cátedra de Fisiología Oral y Trastornos Témporomandibulares de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, se incluyeron los individuos que estuviesen en el mismo rango de edad, obteniendo 121 sujetos.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<b>Sano</b>						
Edad	94	22,84	3,049	13,35	18	32
Voluntaria	94	51,15	6,812	13,32	37,60	68,40
Asistida	94	52	6,906	13,17	38,50	69,50
<b>TTM</b>						
Edad	121	21,76	2,924	13,44	17,00	28,00
Voluntaria	121	45,48	9,566	21,03	15,00	63,00
Asistida	121	48,69	8,260	16,97	25,00	65,00

TABLA. V. Estadística descriptiva de las dimensiones lineales de apertura bucal máxima voluntaria y asistida en pacientes sanos y con TTM.

En la Tabla VI se observa una prueba de Student (T) de las aperturas bucales máximas voluntarias y asistidas, entre pacientes Sanos y con TTM. La Prueba de Student compara las diferencias de las medias entre dos conjuntos de datos. Además se observa el intervalo de confianza (IC), parámetro estadístico que expresa la distancia entre el mínimo margen de error al máximo margen de error entorno a una media estimada, esta corresponde al estimado de la diferencia.

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>
<i>Sanos</i>			
<i>Voluntaria</i>	94	51,15	6,81
<i>TTM</i>			
<i>Voluntaria</i>	121	45,48	9,57

TABLA. VI. Prueba T e IC de las dimensiones lineales de apertura bucal máxima Voluntaria en sujetos sanos y con TTM, asumiendo desigualdad de varianzas.

Diferencia =  $\mu$  (Voluntaria (TTM)) -  $\mu$  (Voluntaria (Sanos))

Estimado de la diferencia: -5,67

IC de 95% para la diferencia: (-7,87; -3,46)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -5,07 Valor P = < 0,001

Estos análisis nos indican que hay diferencia significativa entre las medias de apertura bucal máxima voluntaria de los dos conjuntos ( $p < 0,001$ ), que la diferencia entre las medias de apertura bucal máxima voluntaria en sujetos sanos y con TTM en esta muestra es -5,67 y que en el 95% de los casos la discrepancia entre las medias de la apertura bucal máxima voluntaria se ubica entre -7,87 y -3,46 mm.

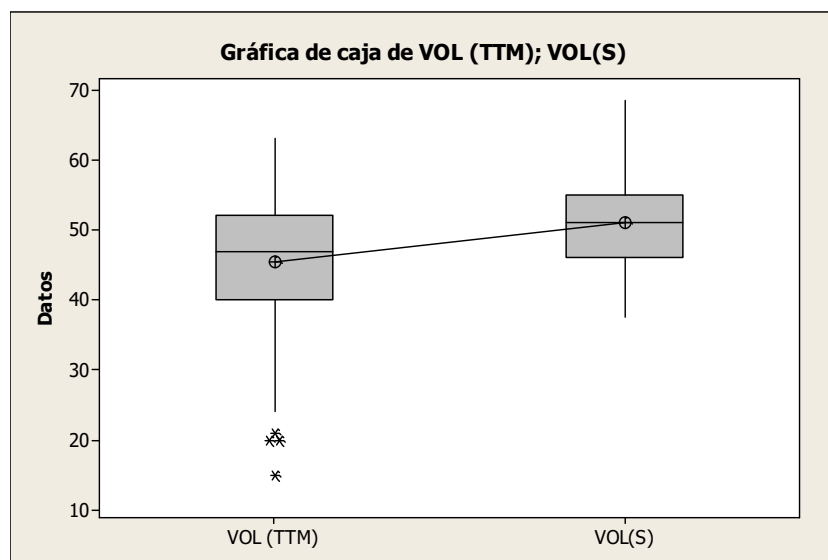


GRÁFICO 12. Gráfico de caja de las dimensiones lineales de apertura bucal máxima voluntaria en sujetos sanos y con TTM.

En el Gráfico 12 se verifican diferencias significativas de valores medios y de varianzas de la apertura bucal máxima voluntaria, destacándose múltiples datos escapados hacia el límite inferior en los valores de la muestra de pacientes con TTM. Los extremos de las desviaciones tienden al límite superior en los sujetos sanos y al límite inferior en sujetos con TTM.

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS.</i>
<i>Sanos</i>			
<i>Asistida</i>	94	52,42	6,91
<i>TTM</i>			
<i>Asistida</i>	121	48,69	8,26

TABLA. VII. Prueba T e IC de las dimensiones lineales de apertura bucal máxima asistida en sujetos sanos y con TTM, asumiendo desigualdad de varianzas

Diferencia =  $\mu$  (Asistida (TTM)) -  $\mu$  (Asistida (Sanos))

Estimado de la diferencia: -3,74

IC de 95% para la diferencia: (-5,78; -1,70)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -3,61 Valor P = < 0,001

Estos análisis nos indican que hay diferencia significativa entre las medias de apertura bucal máxima asistida de los dos conjuntos ( $p < 0,001$ ), que la diferencia entre las medias de apertura bucal máxima asistida en sujetos sanos y con TTM en esta muestra es -3,74 y que en el 95% de los casos la discrepancia entre las medias de la apertura bucal máxima asistida se ubica entre -5,78 y -1,7 mm.

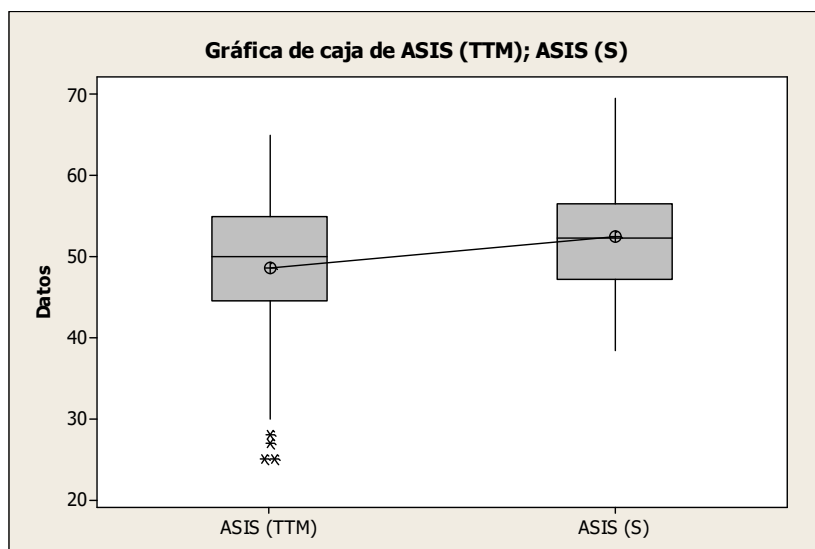


GRAFICO. 13. Gráfico de caja de las dimensiones lineales de apertura bucal máxima asistida en sujetos sanos y con TTM.

En el Gráfico 13 se verifican diferencias significativas de valores medios y de varianzas de la apertura bucal máxima asistida, destacándose múltiples datos escapados hacia el límite inferior en los valores de la muestra de pacientes con TTM. Los extremos de las desviaciones tienden al límite superior en los sujetos sanos y al límite inferior en sujetos con TTM.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>TOI-Sanos</i>	<i>94</i>	<i>1,2401</i>	<i>0,910</i>	<i>0,000</i>	<i>5,215</i>
<i>TOI-TTM</i>	<i>121</i>	<i>3,945</i>	<i>5,24</i>	<i>0,000</i>	<i>29,412</i>

TABLA VIII. Estadística descriptiva de los TOI en sujetos Sanos y con TTM

Se observa que el TOI para sujetos sanos es cercano a uno, lo cual indica que las diferencias entre apertura bucal máxima voluntaria y apertura bucal máxima asistida son leves, lo que se condice con salud articular, a su vez el TOI de sujetos con TTM es casi cuatro, lo cual indica que la diferencia entre apertura bucal máxima voluntaria y apertura bucal máxima asistida son mayores, lo que se condice con disfunción articular.

A su vez las desviaciones estándar también son diferentes, lo que indica que en los sujetos sanos los datos son menos variables que en los sujetos con TTM.

También se observa que tanto en los sujetos sanos como en sujetos con TTM la apertura bucal máxima voluntaria y asistida pueden ser coincidentes.

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>DS</i>
<i>TOI-Sanos</i>	<i>94</i>	<i>1,240</i>	<i>0,910</i>
<i>TOI-TTM</i>	<i>121</i>	<i>3,95</i>	<i>5,24</i>

TABLA. IX. Prueba T e IC de TOI en sujetos sanos y con TTM.

Diferencia =  $\mu$  (TOI-S) -  $\mu$  (TOI-TTM)

Estimado de la diferencia: -2,705

IC de 95% para la diferencia: (-3,666; -1,744)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -5,57 Valor P = <0,001

Estos análisis nos indican que hay diferencia significativa entre las medias de TOI de los dos conjuntos ( $p < 0,001$ ), que la diferencia de TOI para estas muestras es -2,7 y

que en el 95% de los casos la discrepancia entre las medias de los TOI se ubica entre -3,67 y -1,74.

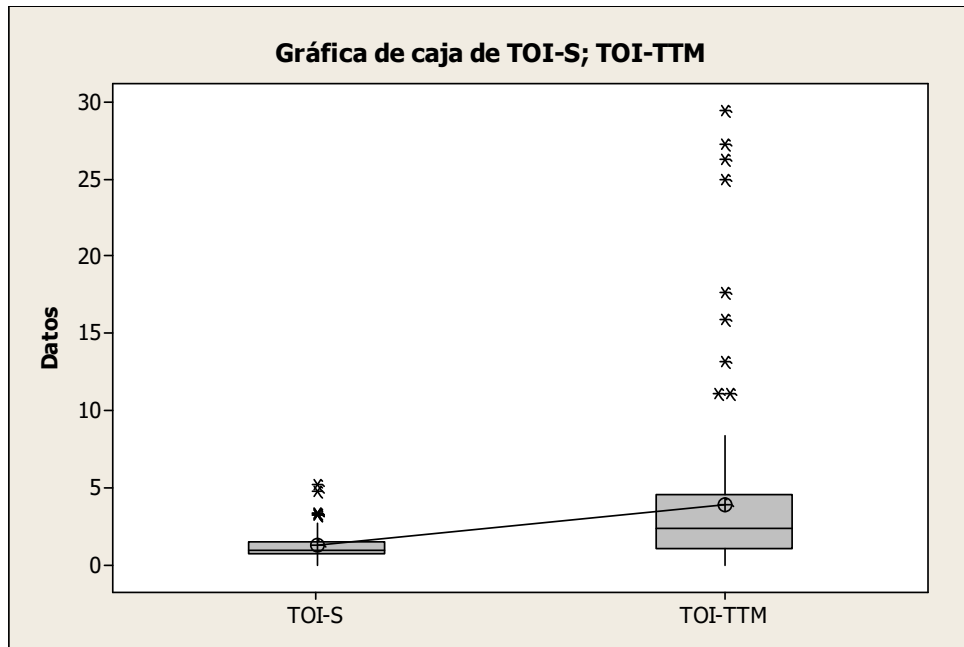


GRAFICO. 14. Gráfico de caja de TOI en sujetos sanos y con TTM.

En el Gráfico 14 se observa que en el caso de los sujetos sanos los datos son menos variables que en los sujetos con TTM, la media de los datos es significativamente mayor en los sujetos con TTM que en los sujetos sanos, y que existe gran cantidad de datos que se escapan hacia el límite superior en los sujetos con TTM.

## ***DISCUSIÓN***

---

## DISCUSIÓN

Con el presente estudio analítico descriptivo se intenta comparar el método TOI y las mediciones angulares por captura de imagen en la medición de la apertura bucal como expresión de la cinemática témporomandibular, y determinar si existen variaciones entre ambos.

El TOI es considerado un buen método para medir la apertura bucal soslayando las variables antropométricas que influyen su dimensión, entre las cuales se encuentran el largo mandibular, el largo de la rama mandibular y el ángulo goníaco, los cuales difieren considerablemente entre sujetos, género y raza, como se ha descrito por años en la literatura (Celic et al 2004; Miller et al, 2006; Nekorazaak et al, 2006; Jabra y Al-Shumalain 2006).

Sin embargo TOI no es más que un cociente de las mediciones lineales, y en ningún caso una nueva metodología, a su vez la cinemática de todas las articulaciones corporales es normalmente medida y evaluada de manera angular, ya que son movimientos angulares per se, sin embargo la cinemática de la articulación témporomandibular a través de la medición de la apertura bucal se acostumbra evaluar de manera lineal, sustentado principalmente en la complejidad de la determinación angular de este movimiento.

No obstante no es una justificación valedera, el conformarse con la determinación lineal de la apertura bucal, y no intentar desarrollar métodos viables y efectivos para medir la apertura bucal en la actividad clínica diaria, como expresión de la cinemática témporomandibular.

Es por esto que se desarrolló un método sencillo para medir angularmente la apertura bucal y comparar los resultados de este con TOI. Se encontró que la variabilidad de los datos angulares (apertura bucal máxima voluntaria 19,9% y apertura bucal máxima asistida 18,7%) es mayor que la observada en TOI (apertura bucal máxima voluntaria 13,3% y apertura bucal máxima asistida 13,2%), determinado por el coeficiente de variación y por la varianza, es decir, este método refleja más fielmente la variabilidad del fenómeno de la apertura bucal, en contraste los valores lineales, inclusive TOI no expresan la gran variabilidad del fenómeno.

En la muestra estudiada se observó una media global de 51,4 mm para la apertura bucal máxima voluntaria y 52,0 mm para la apertura bucal máxima asistida, en las mujeres la media para la apertura bucal máxima voluntaria fue 48,3 mm y 49,5mm para la apertura bucal máxima asistida y en los hombres la media para la apertura bucal máxima voluntaria fue 52,6 mm y 53,9 mm para la apertura bucal máxima asistida.

Este estudio simplemente se quiere describir los valores obtenidos y no compararlos con otros estudios, ya que los valores lineales no son muy representativos de la cinemática mandibular producto de la injerencia de diversas variables antropométricas

que son manifiestas al individualizar por género y raza, por lo tanto tratar de estandarizar valores lineales de apertura bucal sólo reduce la información y le resta relevancia a la variabilidad del fenómeno.

En los valores angulares, la media global de apertura bucal máxima voluntaria fue 29,2° y 32,3° en la apertura bucal máxima asistida, mujeres 28,9° y 32,3° respectivamente y en los hombres fue 29,2° y 32,3° respectivamente; el mínimo y máximo globales fueron 15,2° y 49°. No se observan diferencias significativas en los valores angulares al comparar por género, lo cual indicaría que la descripción angular del fenómeno no se ve influenciado por esta variable, aunque la muestra está en razón hombre mujer 2:1. Estos valores son muy similares a los reportados por Gokçe et al, 2009, donde la media global fue 33°; son inferiores a lo reportado por Muto y Kanazawa, en 1996 con una media global de 37.6, 39.1° en hombres y 36.3° en mujeres; y se asemejan a los reportados por Dijkstra et al., 1995 y 1999, entre 27, 7° y 51°, siendo muy similares en el valor máximo, pero disímiles en el mínimo. Eso sí no es plausible una comparación directa de los datos, ya que la razón hombre mujer y el rango etario de las poblaciones no son equivalentes, además los valores son expresados como apertura bucal máxima, sin hacer diferencia entre sus modalidades voluntaria y asistida.

Esto llama la atención, ya que la mayoría de los estudios busca cuantificar la magnitud de la apertura bucal, ya sea lineal como angularmente, con el fin de establecer una referencia de salud articular, empero pocos dan valor a la relación apertura bucal máxima voluntaria y asistida, que entrega mayor información del estado articular que el simple valor bruto del fenómeno (Miller *et al.*, 2003; Celic et al., 2003), ese es un aporte interesante de TOI, sin embargo están claras sus limitaciones.

Al comparar los valores lineales de sujetos sanos y con TTM, resalta el hecho de que en sujetos con TTM la media de la apertura bucal máxima voluntaria y asistida fueron 45,5 mm y 48,7 mm respectivamente, valores que se encuentran dentro de la normalidad según la literatura (40-60 mm) (Okeson, 2008), esto pone de manifiesto la limitación de los valores lineales. No obstante si existen diferencias significativas con los valores de los sujetos sanos de nuestro estudio.

Al comparar los TOI lineales de sujetos sanos (1,2) y con TTM (3,9) si se aprecian diferencias significativas, e indica que en el 95% de los casos hay una discrepancia de TOI entre individuos sanos y con TTM de 1,7 y 3,6.

Sería interesante poder obtener TOI angular de sujetos con TTM y analizar en que rangos se ubica, para verificar la potencial diferencia con un TOI de sujetos sanos.

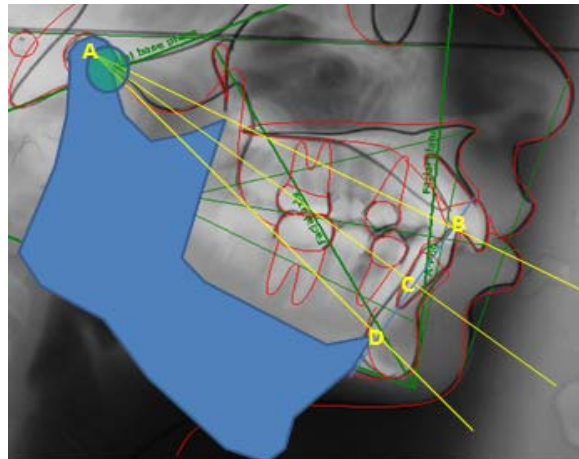
Que el valor angular de la apertura bucal represente más fielmente la variabilidad del fenómeno es la base para justificar el desarrollo de una metodología clínica simple para medir angularmente la apertura bucal.

Ya que la complejidad de su medición respalda la medición lineal creemos que se puede implementar una medición clínica lineal que nos permita obtener un valor angular, de modo de realizar mejoras en el estudio acabado de los pacientes, manteniendo una relación costo beneficio favorable, tanto de tiempo, equipamiento y dinero.

Para esto se proyecta el medir la apertura bucal de manera lineal y angular, además medir distintas relaciones antropométricas referenciales para evaluar si existe correlación, de ser así se podría desarrollar una ecuación matemática que nos permita obtener un valor angular desconocido (apertura bucal) a partir de valores lineales conocidos (distancias faciales medidas en el sujeto).

El siguiente diagrama ejemplifica la metodología:

Fig. 12. Diagrama de Trazos Anatómicos para Ecuación Ángulo Apertura Mandibular



En el diagrama la mandíbula hace un movimiento de apertura rotando en el ángulo B-A-D. Se puede calcular el ángulo B-A-C que sería exactamente la mitad de B-A-D, porque conocemos AB, distancia medida directamente en paciente y AD sería un trazo igual, por lo tanto el trazo AC sería la bisectriz del ángulo BAD. BD sería la apertura bucal medida en sujeto, la base del triángulo.

Entonces Tenemos AB conocido, por ejemplo es 110 mm, BCD = 50 mm y para hacer el cálculo se debe ocupar la mitad de la apertura, es decir 25 mm.

Para la ecuación el trazo BD es el Cateto Opuesto, el trazo AB es la hipotenusa.

Ecuación:  $\text{Seno } \alpha = \text{Cateto Opuesto} / \text{Hipotenusa} \times 2$

$$\text{Seno } \alpha = 25/110 \times 2$$

$$\alpha = \text{Seno}^{-1} (25/110 \times 2)$$

$$\alpha = 27,0$$

Por lo tanto el ángulo es  $27,0^\circ$

Como se sabe de la incidencia de la traslación, se debe evaluar también la verdadera injerencia de esta en los valores obtenidos. Ya que esta ecuación es de un movimiento rotacional. Para eso se debe medir, una distancia lineal del cóndilo a una proyección anterior estable en posición de cierre y en las aperturas máximas voluntaria y asistida.

Este método contrasta el ángulo obtenido mediante la ecuación de los valores lineales de la apertura bucal, con el ángulo obtenido de un software en base a las fotografías obtenidas de los sujetos en estudio, así la discrepancia entre los valores teóricos y los arrojados por el software reflejarían la incidencia del desplazamiento condilar en el movimiento angular.

De modo tal que se pueda generar un método de aplicación clínica rutinario universal de mediciones faciales simples, que conduzcan a una estimación con bajo margen de error del ángulo de apertura bucal como expresión de la cinemática témporomandibular, lo que proporcionaría información más específica y certera de cada individuo, lo que permitiría evaluar más personalmente a cada paciente y a su vez si es necesario controlar y evaluar la eficacia de diversos tratamientos o evoluciones clínicas en cirugía maxilofacial, ortodoncia y ortopedia maxilofacial, rehabilitación oral así como en trastornos témporomandibulares.

## ***CONCLUSIÓN***

---

## CONCLUSIÓN

Existen diferencias estadísticamente significativas en la variabilidad de las mediciones entre TOI y las mediciones angulares por captura de imagen de la apertura bucal, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Las mediciones angulares representan más fielmente la variabilidad del fenómeno de apertura bucal.

La media de los valores lineales de apertura bucal máxima en sus modalidades voluntaria y asistida para individuos jóvenes sanos fluctúa entre 51,4 y 52 mm.

La media de los valores angulares de apertura bucal máxima en sus modalidades voluntaria y asistida para individuos jóvenes sanos fluctúa entre 29,2° y 32,3°.

Hay diferencia estadísticamente significativa entre los valores lineales de apertura bucal máxima en sus modalidades voluntaria y asistida entre individuos jóvenes sanos y con TTM.

Hay sustento teórico y empírico para justificar la necesidad y viabilidad de implementar una metodología clínica simple para medir angularmente la apertura bucal como expresión de la cinemática témporomandibular.

## ***SUGERENCIAS***

---

## **SUGERENCIAS**

Sería relevante medir angularmente la apertura bucal en sus modalidades voluntaria y asistida en pacientes con TTM además de sujetos sanos, para poder verificar si existen diferencias estadísticamente significativas en los valores brutos de las mediciones angulares, tal como ocurre en las mediciones lineales.

A su vez sería más completo el realizar TOI de valores angulares de pacientes sanos y con TTM, para verificar si es efectiva la implementación de TOI con medidas angulares.

Se recomienda implementar la medición angular de apertura bucal complementada con la medición lineal de esta misma y de distancias faciales referenciales, para determinar si existe una correlación entre estos, es decir, verificar si se puede implementar un método de medición angular de la apertura bucal en base a mediciones lineales clínicas.

## ***RESUMEN***

---

## RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo de este trabajo fue comparar las variaciones de la medición TOI v/s mediciones angulares de apertura bucal.

**Materiales y Método:** La muestra estuvo compuesta por 94 estudiantes de la Escuela de Odontología mayores de 18 de ambos sexos, de un universo de 521 sujetos; los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Se midió la apertura bucal de manera lineal entre puntos interincisivos con un pie de metro y angularmente con un arco oclusal y se registró con imagen de video en MIC Apertura máxima voluntaria y asistida. Se utilizó el software de análisis estadístico Excel + DDXL + XL-Stat; Minitab 14; Stata, y se realizó un análisis de normalidad de datos Kolmogorov-Smirnov, y contraste de hipótesis para varianza entre las matrices de los datos lineales y angulares.

**Resultados:** Se encontró que la variabilidad de los datos angulares (apertura bucal máxima voluntaria 19,9% y apertura bucal máxima asistida 18,7%) es mayor que la observada en TOI (apertura bucal máxima voluntaria 13,3% y apertura bucal máxima asistida 13,2%).

**Discusión:** El TOI es considerado un buen método para medir la apertura bucal sin embargo no es más que un cociente de las mediciones lineales, siendo las mediciones angulares las que representan más fielmente la variabilidad del fenómeno de apertura bucal.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

---

## BIBLIOGRAFÍA

Abou-Atme Y, Chedid N, Melis M, Zawawi K. (2008): Clinical measurement of normal maximum mouth opening in children. *Journal of Craniomandibular Practice*. 26:191-196.

Al-Jabrah A, Al-Shumailan Y. (2006): Prevalence of temporomandibular disorder signs in patients with complete versus partial dentures. *Clinical Oral Investigations*. 10:167–173.

Alonso A. (2004): Cap. 6. Cinemática Mandibular. En: *Oclusión y Diagnóstico en Rehabilitación Oral*. Albertini J. Alonso A. Bechelli A. 1ª Edición. 3ª Reimpresión. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires-Argentina. pp: 95-96, 102-3.

Ash M y Ramfjord S. (1996): Cap. 2. Oclusión Clínica. En: *Oclusión*. Ash M y Ramfjord S. 4ª Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México DF-México. pp: 62-8.

Celic R, Jerolimov V; Knezovic Zlataric D. (2004): Relationship of slightly limited mandibular movements to temporomandibular disorders. *Brazilian Dental Journal*. 15:151-154.

Danis C, Mielenz T. (1997): Reliability of measuring active mandibular excursion using tool: The mandibular excursiometer. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 25:213-219.

Dijkstra P, De Bont LGM, Stegenga B, Boering G. (1995): Angle of mouth opening measurement: reliability of a technique for temporomandibular joint mobility assessment. *Journal of Oral Rehabilitation*. 22:263-268.

Dijkstra P, Kropmans T, Stegenga B, De Bont LGM. (1998): Ratio between vertical and horizontal mandibular range of motion. *Journal of Oral Rehabilitation*. 25: 353-357.

Dijkstra P, Hof I, Stegenga B, De Bont LGM. (1999): Influence of mandibular length on mouth opening. *Journal of Oral Rehabilitation*. 26: 117-122.

Ferrario VF, Sforza C, Lovecchio N, Mian F. (2005). Quantification of translational and gliding components in human temporomandibular joint during mouth opening. *Arch Oral Biol* 50:507–515.

Fukui T, Tsuruta M, Murata K, Wakimoto Y, Tokiwa H, Kuwahara Y. (2002): Correlation between facial morphology, mouth opening ability, and condylar movement during opening-closing jaw movements in female adults with normal occlusion. *European Journal of Orthodontics*. 24:327-336.

Gallagher C, Gallagher V, Whelton H, Cronin M (2004): The normal range of mouth opening in an Irish population. *Journal of Oral Rehabilitation*. 31:110–116.

Gsellmann B, Schmid-Schwab M, Piehslinger E, Slavicek R (1998): Lengths of condylar pathways measurement with computerized axiography (CADIAX) and occlusal index in patients and volunteers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 25; 146-152.

Gökçe B, Destan U, Özpınar B, Sonugelen M. (2009): Comparison of mouth opening angle between dentate and edentulous subjects. *Journal of Craniomandibular*. 27:174-179.

Mapelli A, Galante D, Lovecchio N, Sforza C, Ferrario V. (2009): Translation and Rotation Movements of the Mandible During Mouth Opening and Closing. *Clinical Anatomy*. 22:311–318.

Martin A, Luna del Castillo J. (2004): Cap. 2. Estadística Descriptiva. En: *Bioestadística para las ciencias de la salud*. Martin A, Luna del Castillo J. 1º Edición. Editorial Norma-Capitel. Madrid, España. pp: 34.

Meeder W, Weiss F, Maulén M, Lira D, Padilla R, Hormazábal F, Guerrero L. (2010): Trastornos temporomandibulares: Perfil clínico, comorbilidad, asociaciones etiológicas y orientaciones terapéuticas. *Avance en Odontoestomatología*. 26:209-216.

Miller V, Karic V, Myers S, Exner H. (2000): The temporomandibular opening index (TOI) in patients with closed lock and a control group with no temporomandibular disorders (TMD): an initial study. *Journal of Oral Rehabilitation*. 27:815–816.

Miller V, Karic V, Myers S, Bodner L. (2003): Following treatment of myogenous TMD patients with the temporomandibular opening index: an initial report. *Journal of Oral Rehabilitation*. 30:668–670.

Miller V, Karic V, Myers S. (2006): Differences in initial symptoms scores between myogenous TMD patients with high and low temporomandibular opening index. *Journal of Craniomandibular*. 24:25-28.

Miralles R. (1998): Cáp.17. Articulación Temporomandibular. En: *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. Miralles R. Editorial Masson. 1º Edición. Barcelona-España. pp 281-291.

Moipolai P, Karic V, Miller V. (2003): The effect of the gonial angle, ramus length, age and gender on the temporomandibular opening index. *Journal of Oral Rehabilitation* 30:1195–1199.

Muto T, Kanazawa M. (1996): Linear and angular measurements of the mandible during maximal mouth opening. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 54:970-974.

Nekora-azak A, Evlioglu G, Ordulu M, Issever H. (2006a): Prevalence of symptoms associated with temporomandibular disorders in a Turkish population. *Journal of Oral Rehabilitation*. 33: 81–84.

Nekora-azak A, Evlioglu G, Ordulu M, Erdem TL. (2006b): The temporomandibular opening index in patients with temporomandibular disorders undergoing surgical extraction of mandibular third molars : a pilot study. *Journal of Istanbul Faculty Medicine*. 69: 29-31.

Okeson JP, (2008): Cap. 4. Mecánica del movimiento mandibular. En: *Tratamiento de Oclusión y Afecciones temporomandibulares*. Okeson JP. 3ª Edición. Editorial Elsevier. Madrid-España. pp: 81-94.

Palla S, (2003): Cáp.6. Cinemática de la articulación temporomandibular .En: *Mioartropatías del sistema masticatorio y dolores orofaciales*. Airoldi, Ruggero L. Baici, Antonio. Borioli, Myriam. Chen, Yunn-Jy. Ernst, Bruna. Gallo, Luigi M. Genucchi, Reto. Isler, Hansruedi. Klipstein, Andreas. Koller, Markus. Kopp, Hans G. Mense, Siegfried. Ott, Peter M. Palla, Sandro. Pardamec, Elisabeth. Schärer, Peter. Sessle, Barry J. Sieber, Martin. Witt, Edgar. 1ª Edición. Editorial RC Libri. Milan-Italia, pp: 143.

Palla S, (2003): Cap. 10. Examen clínico: problemas y límites. .En: *Mioartropatías del sistema masticatorio y dolores orofaciales* Airoldi, Ruggero L. Baici, Antonio. Borioli, Myriam. Chen, Yunn-Jy. Ernst, Bruna. Gallo, LLuigi M. Genucchi, Reto. Isler, Hansruedi. Klipstein, Andreas. Koller, Markus. Kopp, Hans G. Mense, Siegfried. Ott, Peter M. Palla, Sandro. Pardamec, Elisabeth. Schärer, Peter. Sessle, Barry J. Sieber, Martin. Witt, Edgar. 1ª Edición. Editorial RC Libri. Milan-Italia, pp: 199.

Palla S, (2003): Cáp. Consulta clínica y diagnóstico físico. .En: *Mioartropatías del sistema masticatorio y dolores orofaciales*. Airoldi, Ruggero L. Baici, Antonio. Borioli, Myriam. Chen, Yunn-Jy. Ernst, Bruna. Gallo, LLuigi M. Genucchi, Reto. Isler, Hansruedi. Klipstein, Andreas. Koller, Markus. Kopp, Hans G. Mense, Siegfried. Ott, Peter M. Palla, Sandro. Pardamec, Elisabeth. Schärer, Peter. Sessle, Barry J. Sieber, Martin. Witt, Edgar. 1ª Edición. Editorial RC Libri. Milan-Italia, pp: 210-213.

Sari S, Kucukesmen C, Sonmez H. (2008): Evaluation of the applicability of temporomandibular opening index in Turkish children with and without signs and symptoms of temporomandibular joint disorders. *Journal of Craniomandibular Practice*. 26:197-201.

Slavicek R. (2011): Relationship between occlusion and temporomandibular disorders: Implications for the gnathologist. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 139:10-6.

Zawawi M, Al-Bawadi E, Lobo Lobo S, Melis M, Mehta N. (2003): An index for the measurement of normal maximum mouth opening. *Journal of the Canadian Dental Association*. 69:737-741.



## Anexos

### Anexo n° 1



## CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CLÍNICA

TOI vs mediciones angulares por captura de imagen en la medición de apertura bucal

Investigador responsable:

-Fernando Weiss Vega

Cirujano Dentista, Universidad de Valparaíso

Residente Programa Especialización en odontología Rehabilitadora Estética, Universidad de Valparaíso.

Magister -c- Lógica y Filosofía de la ciencia.

Miembro del Comité de Evaluación ético-científico del SSVSA.

Prof. Auxiliar Cátedra Fisiología Oral y Trastornos Témporomandibulares, Universidad de Valparaíso.

Correo:fernandoweissv@gmail.com

Teléfono Personal: 94431782

-Sebastián Gutiérrez Zúñiga

Estudiante de Pregrado Odontología Universidad de Valparaíso.

Correo: sebastian.gutierrezz@uv.cl

Teléfono Personal: 99650563

Se me ha solicitado participar en un proyecto de investigación que está estudiando la cinemática mandibular por medio de dos métodos de medición de la apertura bucal, comparando TOI (Índice de apertura Témporomandibular) vs mediciones angulares por captura de imagen. Al participar en este estudio, yo estoy de acuerdo en que se me coloque un “arco oclusal” que consiste en un alambre adherido a los dientes por un material plástico que endurece a través de luz, y que me realicen una grabación y fotografías; posteriormente el material me será totalmente removido tras el procedimiento, en el caso de quedar residuos de cualquier tipo, se me realizará inmediata y gratuitamente una profilaxis dental (limpieza).

Yo entiendo que:

a) Los posibles riesgos de este procedimiento incluyen que queden residuos de resina compuesta (material adhesivo), una lesión accidental de tejidos blandos por la manipulación.

b) No hay un tratamiento alternativo

c) No recibo beneficio del estudio.

d) Cualquier pregunta que yo quiera hacer con relación a mi participación en este estudio deberá ser contestada por:

Fernando Weiss Vega, Investigador principal

Guillermo Báez Segovia, Investigador Secundario

Sebastián Gutiérrez Zúñiga, Investigador Secundario.

e) Podré retirarme de este estudio en cualquier momento sin ser obligado/a a dar razones y sin que esto me perjudique en mi calidad de paciente o usuario/a.

f) Los resultados de este estudio pueden ser publicados, pero mi nombre o identidad no será revelado y mis datos clínicos y experimentales permanecerán en forma confidencial, a menos que mi identidad sea solicitada por ley.

g) Mi consentimiento está dado voluntariamente sin que haya sido forzado u obligado.

h) En el caso que sea dañado/a físicamente como resultado del estudio, la atención y el tratamiento médico serán proporcionados preferentemente en esta institución (Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso) y, en cualquier caso, bajo la responsabilidad médica y legal del investigador o médico responsable que firma este consentimiento.

---

FIRMA DEL INVESTIGADOR  
O MEDICO RESPONSABLE

---

FIRMA DEL PACIENTE  
O REPRESENTANTE Legal

Valparaíso, XX de XXXXX de 2011

Consentimiento informado tomado del anexo n° 1 de la Norma 57 del MINSAL, para experimentación con Seres Humanos, en conformidad con la Ley 20.120 de la República de Chile".

## FICHA CLÍNICA

TOI vs mediciones angulares por captura de imagen en la medición de la apertura bucal

Operador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Número paciente: \_\_\_\_\_  
 Género: F\_\_ M\_\_  
 Edad: \_\_\_\_\_  
 Criterios de exclusión: SI\_\_ NO\_\_  
 Cual \_\_\_\_\_ (es):  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## TOI

	Antes mm	Después mm	Promedio operador mm
AMV			
AMA			

Promedio TOI 1er operador + 2do operador AMV	
Promedio TOI 1er operador + 2do operador AMA	

## Mediciones Angulares

AAMV °	
AAMA °	

AMV: Apertura máxima voluntaria      AMA: apertura máxima asistida  
 máxima voluntaria    AAMA: Ángulo apertura máxima asistida

AAMV: Ángulo apertura

## Anexo N° 2

## Base de Datos Estadísticos

Paciente	Genero	Edad	Lin-Vol	Lin-Asi	Ang -Vol	Ang- Asi
1	M	23	42	44,8	22,5	23,5
2	M	23	59,6	62,6	29	33,5
3	M	23	44,7	47,9	28,5	31,5
4	F	29	44,8	47,3	28	30,5
5	F	20	45	46,8	21,5	21,8
6	M	23	46,3	47,5	18,6	24,1
7	M	23	51,1	52,5	27,1	30,5
8	M	23	47,3	52,1	27,2	28,9
9	M	24	58,4	60,3	34,8	41,1
10	M	22	65	69,5	32,6	41,2
11	M	24	43,7	44,5	32,3	34,2
12	F	20	58,5	60,5	36,8	42,8
13	M	21	42,1	42,6	29,8	31,8
14	F	20	42,5	43,9	24,2	25,4
15	F	23	36,9	37,7	25,9	27,7
16	F	23	47,6	48,8	31,7	33,7
17	M	25	55,7	57,4	36,7	39,8
18	F	23	48,6	49,5	30,3	32,2
19	F	19	44,6	48,8	32,3	35,9
20	M	23	50,5	52,2	31,6	37,6
21	M	23	49,5	50,2	22,4	25
22	M	23	54,1	56,5	27,3	29,8
23	M	24	49,1	52,5	28,9	29,3
24	F	21	55,1	56,3	33,4	36
25	M	25	56,2	57,3	23,7	25,8
26	F	18	55,1	56,7	32,5	34
27	F	18	45,4	45,8	23,9	24,8
28	M	28	53,8	55	25,1	26,4
29	M	23	61	62,5	37,4	41
30	M	23	52,8	54,3	27,4	34,1
31	F	21	51,2	52,9	35,7	44,4
32	F	20	42,7	43,8	25,3	26,9
33	M	29	46,5	47,8	31,7	35
34	F	26	45,6	47	29	34,7

35	M	22	42,4	44,8	22,7	31,1
36	M	20	55,5	56,5	35,4	39
37	M	21	54,5	55,5	31,7	34,5
38	F	22	51,8	54,2	37,7	39,7
39	M	23	50	50	28,2	33,9
40	M	22	51,8	57,5	29,9	38,9
41	M	22	46,1	48	27,4	28,8
42	M	27	53,5	54,8	36,4	38,5
43	M	22	53,5	55,6	26,9	36,6
44	M	24	42,7	44	17,3	20,6
45	M	24	51,3	53	26,8	29,5
46	M	26	52,7	54	32,2	36,6
47	M	22	53,6	54	31,1	33,5
49	F	23	67,1	68,2	45,4	46,9
50	M	19	53,5	54,1	25	26
51	M	22	53	54,5	31,3	32,8
52	M	24	42	42,5	28,7	30
54	M	28	55	55,8	27,9	28,9
55	F	26	45,1	46,7	15,2	24,8
56	M	21	56,4	57,5	33,6	35,6
57	M	21	66,1	66,5	40,9	42,1
58	M	24	49,8	50,7	27,4	29,1
59	M	24	53	54,4	29,2	30
60	F	24	52,1	53,2	30,3	34,5
61	M	24	48,2	49,4	27,6	28,1
62	M	23	64	64,6	39,7	41,6
63	F	22	50,1	50,8	28,9	30,8
64	F	24	46,3	47,8	26,2	30,4
65	F	25	53	54	32,7	34,6
66	F	18	48,3	49,2	23,1	30,2
67	F	23	40,1	41,2	22,2	22,8
68	M	29	44	45,2	20,1	23,3
69	M	25	46,5	47,2	22	24,3
70	F	29	47,2	49,6	18,2	23,3
71	F	24	50,8	51,8	32,2	37,9
72	F	28	42,5	44,1	30,4	33
73	F	32	43,4	45,2	22,8	28,9
74	F	23	43,5	44,7	29	30,8
75	M	21	51,2	52	26,2	31,4
76	M	27	51,8	53,3	26,4	30,4
77	F	25	51,6	53,4	34,6	38,6
78	M	18	56,9	57,8	29,8	33,2

79	M	20	68,4	68,7	45,5	49
80	M	26	64,5	65,5	32,5	35,4
81	M	23	43,2	44,2	27,9	32,6
82	M	23	41,3	42,2	25,2	26,9
83	M	21	52	52,7	27,9	34,1
84	M	23	55,7	56,9	26,6	30,3
85	M	18	46,9	47,8	16,1	17,2
86	M	18	65,1	67,6	43,1	46,7
87	M	19	51,3	51,8	28,6	29,4
88	F	18	61,1	61,6	32,3	34,3
89	M	18	58,7	59,8	33,7	34,1
90	M	18	64,6	65,4	29,2	31,6
91	F	18	48,2	48,9	23,9	29,8
92	M	18	59,2	60	30,2	34,1
93	M	20	54,3	54,9	32,8	34,2
94	M	25	46,9	47,8	28,5	30,3
95	M	23	47,5	48,3	32,6	34
96	M	29	41,4	41,8	24,5	25,3