

Actualización del análisis de los Movimientos Mandibulares a través de Articulografía Electromagnética

Updating the Analysis of Mandibular Movements Through Electromagnetic Articulography

Franco Marinelli¹; Camila Venegas¹ & Ramón Fuentes^{1,2}

MARINELLI, F.; VENEGAS, C. & FUENTES, R. Actualización del análisis de los movimientos mandibulares a través de articulografía electromagnética. *Int. J. Morphol.*, 41(2):374-382, 2023.

RESUMEN: El objetivo de registrar los movimientos mandibulares es obtener parámetros relevantes que permitan evaluar el estado de la articulación temporomandibular (ATM) y de los músculos involucrados en la masticación. El movimiento mandibular se debe a un conjunto complejo de rotaciones y traslaciones tridimensionales realizadas por la ATM, limitado por los ligamentos y las superficies articulares de estas, y por la morfología y la alineación de los dientes, cuando la mandíbula se desplaza sobre estos límites, se llaman movimientos bordeantes mandibulares. El objetivo de este artículo es realizar una descripción actualizada de los movimientos mandibulares a través de articulografía electromagnética. Los movimientos mandibulares bordeantes se clasifican según el plano del espacio en que se muevan, de esta manera tenemos movimientos bordeantes en el plano sagital, en el plano horizontal y el plano frontal, y en cada plano dibujan un polígono distinto, llamados polígonos de Posselt. Estos polígonos pueden ser registrados mediante Articulografía electromagnética, gracias a esta tecnología también se pueden extraer algunos parámetros interesantes, como por ejemplo: la trayectoria total recorrida por la mandíbula al describir cada polígono, rangos de desplazamiento en cada plano, área total de cada polígono de Posselt. La apertura mandibular se mide como la distancia entre los márgenes incisales de los incisivos centrales superiores e inferiores en apertura máxima más la sobremordida. El análisis de esta es una parte importante del examen clínico en odontología, ya que una apertura limitada puede ser resultado de trastornos en la articulación temporomandibular, fibrosis oral submucosa, enfermedad reumática o trauma facial. Las mediciones tridimensionales que se obtienen gracias a la Articulografía electromagnética, son apropiados para determinar los rangos normales de apertura, su exactitud permite la realización de investigaciones en el área, abriendo un amplio campo en el análisis de los movimientos mandibulares.

PALABRAS CLAVE: Movimientos mandibulares bordeantes; Polígonos de Posselt; Articulografía Electromagnética; Apertura Mandibular.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la cinemática mandibular data desde mediados del siglo XVIII (Chang *et al.*, 2004). El objetivo de registrar los movimientos mandibulares, es obtener parámetros relevantes que permitan evaluar el estado de la articulación temporomandibular (ATM), y de los músculos involucrados en la masticación (Pinheiro *et al.*, 2011). A su vez, el conocimiento de los movimientos naturales del paciente permite la detección de alteraciones en la función masticatoria y la recreación de estos en articuladores que permitan planificar el diseño de prótesis que restauren la relación oclusal natural de éste (Lee *et al.*, 1969; Chuhuaicura *et al.*, 2020).

El movimiento mandibular se debe a un conjunto complejo de rotaciones y traslaciones tridimensionales realizadas por la ATM. Este está limitado por los ligamentos y las superficies articulares de las ATM, así como por la morfología y la alineación de los dientes (Okeson *et al.*, 2013).

Cuando la mandíbula se desplaza sobre estos límites, se llaman movimientos bordeantes mandibulares (MBM) (Okeson *et al.*). Estos movimientos han sido analizados históricamente de acuerdo al movimiento de un punto sobre la mandíbula, generalmente el punto de contacto de los incisivos centrales (Lee *et al.*). En 1957 Posselt diseñó un instru-

¹ Research Centre in Dental Sciences (CICO-UFRO), Dental School - Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

² Department of Integral Adults Dentistry, Dental School, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

mento con el cual podía registrar estos movimientos en los tres planos, obteniendo una figura conocida como “diagrama de Posselt” (Vargas-Agurto *et al.*, 2020).

Dentro del análisis de la cinemática mandibular, ha sido de especial interés el estudio de la apertura mandibular como signo del estado de la ATM (Rieder, 1978). Suele definirse como la distancia entre los márgenes de los incisivos cuando la cavidad oral se encuentra en máxima apertura, o como la distancia interincisiva más la sobremordida (Mezitis *et al.*, 1989).

El objetivo de este artículo fue realizar una descripción actualizada de los movimientos mandibulares a través de articulografía electromagnética.

Movimientos bordeantes

Movimiento bordeante en el plano sagital

Para definir el poliedro de Posselt sagital se subdividen en tres movimientos diferentes (Okeson *et al.*):

A. Apertura bordeante posterior.

B. Apertura bordeante anterior.

C. Movimiento bordeante superior.

Para describir la apertura bordeante posterior se le pide al paciente que, desde la posición de máxima intercuspidación (MIC), realice un movimiento de retrusión contactante hasta alcanzar la “posición de retrusión contactante” (PRC) (Fig. 1.A). A partir de este punto se solicita abra la mandíbula con un movimiento bordeante posterior hasta el punto de apertura máxima (MMO). En un primer momento la mandíbula desciende debido a un movimiento donde predomina la rotación de los cóndilos, que se estabilizan en las fosas articulares, por sobre la traslación condilar (Fig. 1.B). Luego en el movimiento condilar predomina la traslación y desciende por debajo de la eminencia mandibular. El descenso de la mandíbula se debe a un movimiento de rotación, traslación condilar hasta apertura máxima (Fig. 1.C).

Para describir el movimiento de apertura bordeante anterior se le pide al paciente que, desde MIC, realice un movimiento de cierre hasta alcanzar la posición de protrusión máxima contactante, y de esta posición realice una apertura oral bordeante anterior (PPMC) (Fig. 2).

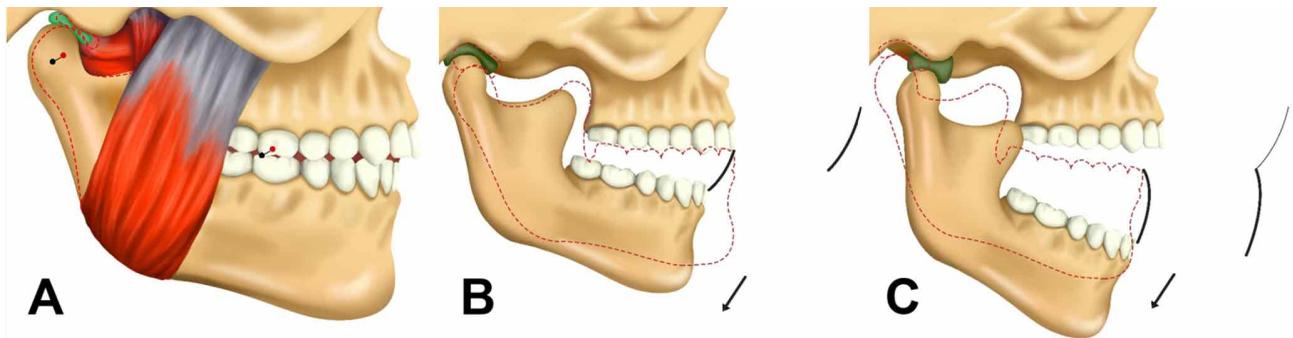


Fig. 1. Movimiento de apertura bordeante posterior. A. Retrusión máxima contactante. B. Descenso de la mandíbula debido a un movimiento donde predomina la rotación de los cóndilos por sobre la traslación condilar. C. El descenso continúa con un movimiento de rotación y traslación anteroinferior.

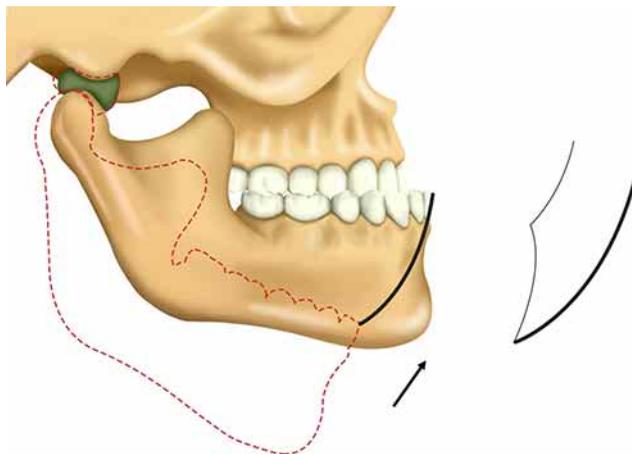


Fig. 2. Movimiento de apertura bordeante anterior. Comienza desde posición de protrusión máxima contactante (PPMC) y continúa con una apertura máxima anterior bordeante.

Para describir el límite bordeante superior se le pide al paciente que desde la PRC haga un movimiento contactante de protrusión pasando a MIC, continuando con ese movimiento, cuando los incisivos inferiores hacen contacto con el margen palatino de los incisivos superiores (Fig. 3.A) la mandíbula desciende hasta que los márgenes incisales

hacen contacto, llegando a la posición vis a vis. Luego la mandíbula realiza un movimiento horizontal (Fig. 3.B) hasta que comienza a ascender (Fig. 3.C). Este ascenso se detiene, limitado por el contacto entre los molares por lo que se continúa con un movimiento horizontal hasta alcanzar la posición protruida máxima contactante (PPMC) (Fig. 3.D).

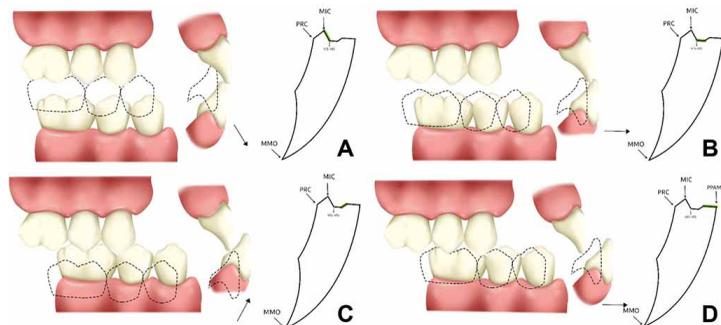


Fig. 3. Movimiento bordeante contactante superior. A. Desde la posición de retrusión contactante (PRC) se realiza un movimiento de protrusión hasta alcanzar la posición de máxima intercuspidadación (MIC). Una vez que los incisivos inferiores hacen contacto con los superiores la mandíbula desciende. B. Cuando los bordes de los incisivos superiores e inferiores hacen contacto se continúa con un movimiento de protrusión hasta llegar a vis a vis. C. Comienza un movimiento de elevación hasta que hacen contacto los dientes posteriores. D. Continúa el movimiento de protrusión hasta alcanzar la posición protruida anterior máxima contactante (PPAMC).

Movimiento bordeante plano horizontal

Para definir el polígono de Posselt horizontal se subdividen en cuatro movimientos diferentes (Okeson *et al.*):

1. Movimiento bordeante lateral izquierdo.
2. Continuación del movimiento bordeante lateral izquierdo con protrusión.
3. Movimiento bordeante lateral derecho.
4. Continuación del movimiento bordeante lateral derecho con protrusión

Desde MIC se le pide al paciente que realice un movimiento de retrusión hasta alcanzar la PRC y desde ahí un movimiento lateral contactante hacia el extremo lateral y desde ese punto continúe con un movimiento bordeante lateral con protrusión hasta alcanzar el plano sagital en la posición protruida anterior máxima contactante. Esto se realiza hacia derecha e izquierda (Fig. 4).

Movimiento bordeante plano frontal

Para definir el polígono de Posselt frontal se subdividen en cuatro movimientos diferenciados (Okeson *et al.*):

1. Movimiento bordeante superior lateral izquierdo.
2. Movimiento bordeante de apertura lateral izquierdo.
3. Movimiento bordeante superior lateral derecho.
4. Movimiento bordeante de apertura lateral derecho

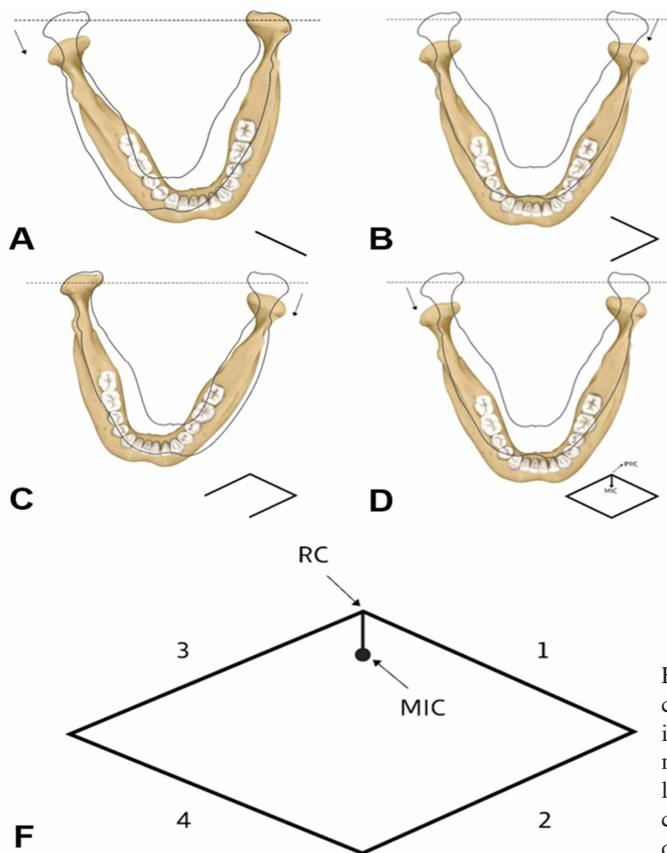


Fig. 4. Polígono horizontal. Desde la posición de retrusión contactante (PRC) se realiza un movimiento lateral contactante izquierdo (A). Una vez alcanzado el punto máximo se realiza un movimiento de protrusión bordeante lateral (B) hasta alcanzar la protrusión máxima, en la posición protruida anterior máxima contactante (PPAMC). El mismo movimiento se realiza del lado derecho (C y D).

Desde MIC se le pide al paciente que realice un movimiento lateral contactante hacia la posición contactante extrema lateral y desde ese punto realizar un movimiento de apertura excéntrico bordeante hasta apertura máxima. Esto se realiza hacia la derecha e izquierda (Fig. 5).

Registro tridimensional de los polígonos de Posselt mediante articulografía electromagnética. Los movimientos que describen los Polígonos de Posselt han sido registrados mediante articulografía electromagnética, la cual permite el registro tridimensional de la posición de un sensor adherido al paciente, pudiendo describir así el movimiento de la mandíbula. Chuhuaicura *et al.* registraron los polígonos de Posselt mediante articulografía electromagnética indicando al sujeto que realice los movimien-

tos excéntricos (aquellos que parten desde MIC hacia un movimiento bordeante) y concéntricos (aquellos que desde apertura máxima o protusión máxima y a través de un movimiento bordeante retornan hacia MIC) (Fig. 6). En el caso del polígono frontal se comienza desde apertura máxima y mediante un movimiento concéntrico se retorna a MIC, tanto hacia la izquierda como la derecha (Fig. 6.A). Para el polígono sagital se comienza en apertura máxima y se realiza un movimiento de apertura en protrusión máxima y de cierre en retrusión máxima, luego se retorna a MIC (Fig. 6.B). Para el polígono horizontal se comienza en protrusión contactante máxima y mediante un movimiento bordeante con protrusión hacia el lado derecho, se retorna a MIC, el mismo movimiento se registra hacia el lado izquierdo (Fig. 6.C).

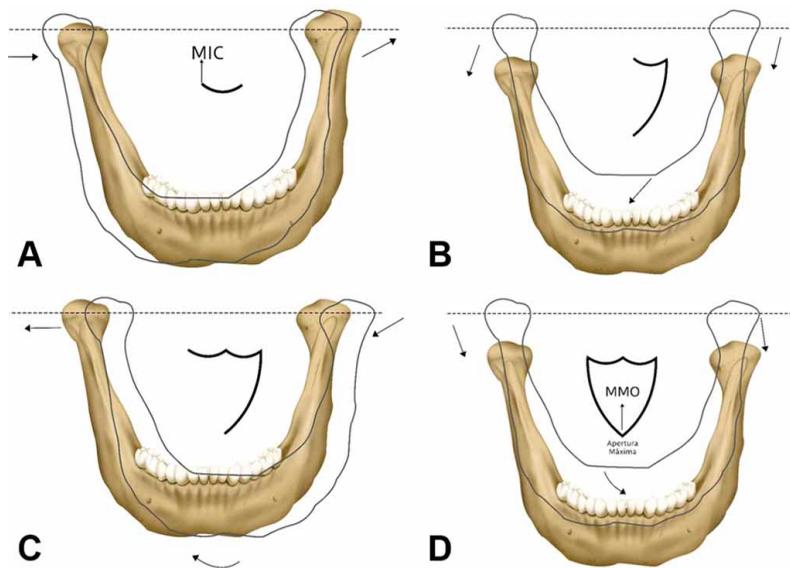


Fig. 5. Polígono frontal. Desde la posición de máxima intercuspidadación (MIC) se realiza un movimiento lateral contactante máximo. Desde este punto se realiza un movimiento bordeante de apertura hasta apertura máxima. Esto se realiza a izquierda (A,B) y derecha (C,D).

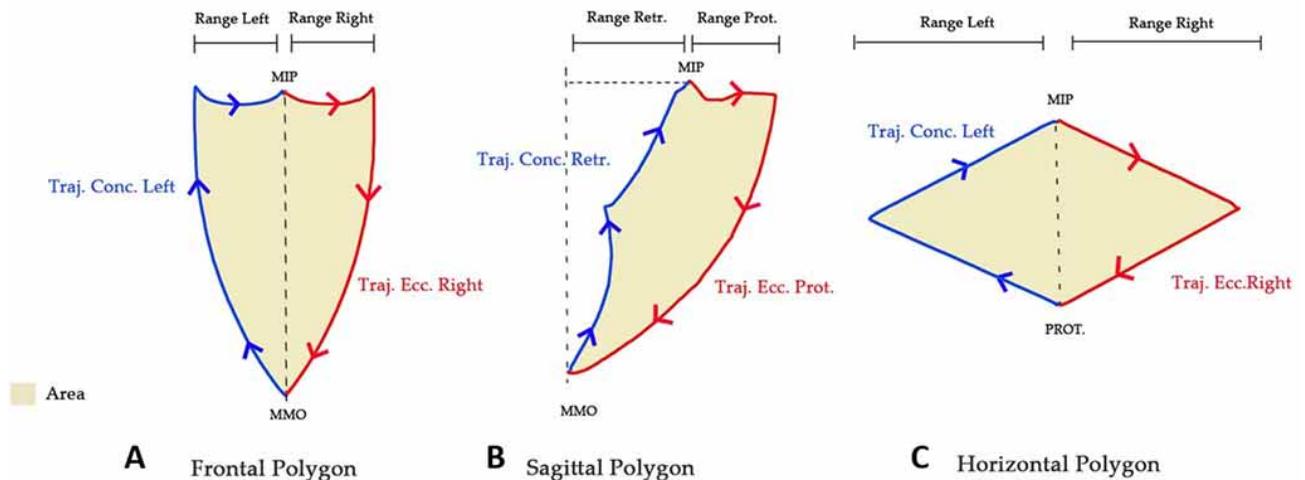


Fig. 6 (Chuhuaicura *et al.*, 2020). Modo de registro de los polígonos de Posselt en el trabajo de Chuhuaicura *et al.* En rojo se muestra el movimiento excéntrico. En azul se muestran los movimientos concéntricos. A. Polígono frontal. B. Polígono sagital. C. Polígono horizontal.

Gracias a esta nueva tecnología, fue posible no sólo describir los polígonos de Posselt, sino que también extraer algunos parámetros interesantes. Una vez obtenidos los datos del registro estos son procesados mediante rutinas personalizadas en MATLAB® (MathWorks Inc., USA).

Se pudo obtener la trayectoria total recorrida del sensor al describir cada polígono. Se calcula la distancia punto a punto y se suman para obtener el recorrido total. (Ec. 1)

$$T = \sum_{i=1}^{N-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 + (z_{i+1} - z_i)^2}$$

Además, conociendo la posición del sensor se pudo obtener los rangos de desplazamiento definidos en cada plano (Fig. 6). En el plano frontal el rango derecho/izquierdo es la distancia entre la posición del sensor en MIC y la posición lateral izquierda/derecha más extrema del polígono. En el plano sagital se obtienen los rangos de protrusión/retrusión que es la distancia entre el punto MIC y el punto más extremo anterior/posterior. En el plano horizontal se obtiene el rango derecho/izquierdo que es la distancia entre la posición del sensor en MIC y la posición lateral izquierda/derecha más extrema del polígono.

Junto con esto, fue posible obtener el área de cada polígono definido de forma excéntrica y concéntrica. Chuhuaicura *et al.* hallaron diferencias significativas en el área descrita entre la forma concéntrica y excéntrica en los planos frontal y sagital. En el caso del plano frontal encontraron un área promedio de $428,95 \pm 147,28 \text{ mm}^2$ en el caso excéntrico y $532,78 \pm 167,54 \text{ mm}^2$ en el caso concéntrico ($p=,008$). Para el plano sagital se encontraron áreas de $258,46 \pm 93,49 \text{ mm}^2$ en el caso excéntrico y $343,44 \pm 121,410 \text{ mm}^2$ en el caso concéntrico ($p=,006$). En el plano horizontal no

se observaron diferencias significativas, hallándose un área de $86,98 \pm 35,010 \text{ mm}^2$ en el caso excéntrico y $86,60 \pm 31,023 \text{ mm}^2$ en el caso concéntrico ($p=,877$).

Con la determinación del área de cada polígono también es posible calcular el coeficiente de similitud entre la mitad derecha e izquierda para los polígonos frontal y horizontal. El coeficiente de similitud mide el grado de coincidencia entre las áreas descritas por el recorrido hacia derecha e izquierda y una línea que pasa por el punto inicial y final. (Ec. 2)

$$\text{Similitud} = \left(1 - \frac{(P_{der} \cup P_{izq}) - (P_{der} \cap P_{izq})}{(P_{der} \cup P_{izq})} \right) \times 100\%$$

Donde P_{der} es el área del polígono delimitada hacia la derecha. P_{izq} es el área del polígono descrito hacia la izquierda. $P_{der} \cap P_{izq}$ es el área que comparten ambos polígonos y $P_{der} \cup P_{izq}$ es el área que pertenecen a uno u otro polígono. Las áreas están dadas en milímetros cuadrados.

Lezcano *et al.*, (2021), en su estudio sobre la simetría mandibular determinaron los coeficientes de similitud con el método anterior. En la Figura 7 se pueden ver estos conceptos. En la Figura 7.A, se ven las áreas formadas entre el recorrido del movimiento hacia la derecha (azul) y el movimiento hacia la izquierda (naranja) con respecto a la línea que va desde MIC hasta la apertura máxima (MMO). En la Figura 7.B, se superpone el área del movimiento descrita hacia derecha e izquierda. En la Figura 7.C, se muestra en gris el área que comparten ambos movimientos, esto es $P_{der} \cap P_{izq}$. En la Figura 7.D, se muestra en gris el área total de ambos movimientos, esto es $P_{der} \cup P_{izq}$. El índice de similitud entre los lados derecho e izquierdo fue de $68 \pm 12 \%$ para el polígono frontal y $67 \pm 11 \%$ para el polígono horizontal.

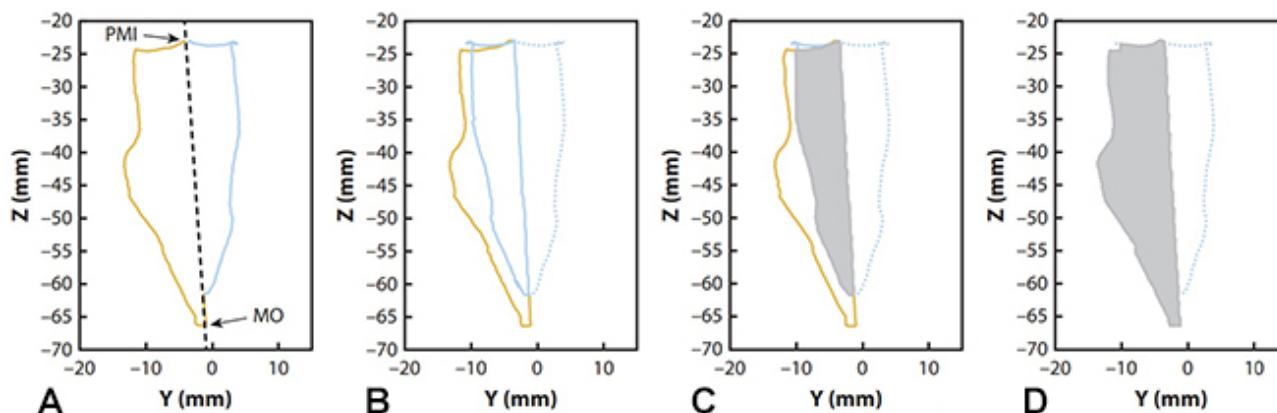


Fig. 7 (Lezcano *et al.*, 2021). Simetría de los polígonos hacia derecha (azul) e izquierda (naranja). A. Áreas formadas entre el recorrido del movimiento derecho (azul) e izquierdo (naranja) B. Superposición del área del movimiento derecho e izquierdo. C. Área que comparten el derecho e izquierdo ($P_{der} \cap P_{izq}$). D. se muestra en gris el área total de ambos movimientos ($P_{der} \cup P_{izq}$).

Apertura mandibular. El análisis de la apertura mandibular es una parte importante del examen clínico en odontología como evaluación preliminar (Singh *et al.*, 2013). Una apertura limitada puede ser resultado de trastornos en la articulación temporomandibular, fibrosis oral submucosa, enfermedad reumática o trauma facial (Li *et al.*, 2017).

Como se mencionó anteriormente la apertura se mide como la distancia entre los márgenes incisales de los incisivos centrales superiores e inferiores en apertura máxima, sumando a ello la sobremordida (Mezitis *et al.*). Para medir la apertura suelen utilizarse reglas o calibres (Khare *et al.*, 2012; AlHammad *et al.*, 2021).

Estos métodos de medición, si bien son aceptables para la evaluación clínica diaria, no son los más precisos para realizar investigaciones o determinar rangos normales de apertura. Con la medición tridimensional es posible explorar nuevos parámetros para evaluar la apertura mandibular de la población y hacer una comparación más precisa entre distintos sujetos, con un rango de error mínimo (0,3 mm).

Apertura mandibular, distancia euclidiana. Conociendo las coordenadas de un punto durante MIC y en MMO se puede obtener la distancia entre ambos y usarla como

parámetro para medir la apertura oral con la siguiente ecuación: (Ec. 3)

$$d = \sqrt{(x_{MMO} - x_{MIC})^2 + (y_{MMO} - y_{MIC})^2 + (z_{MMO} - z_{MIC})^2}$$

Con los datos marcados en la Figura 8 la distancia es 80 mm. Esta se obtuvo mediante una fantoma mandibular al cual se adhirieron los sensores del articulógrafo (Marinelli *et al.*, 2022).

Apertura mandibular, distancia vertical. Otra forma de evaluar la apertura oral es simplemente medir el descenso de un punto de la mandíbula con respecto a MIC. En este caso la apertura oral estará definida en el plano frontal, proyectado en el eje z: (Ec. 4)

$$d_z = z_{MMO} - z_{MIC}$$

Con los datos de la Figura 8 la distancia vertical es 65 mm.

Apertura mandibular, trayectoria. Como se describió anteriormente la trayectoria para los polígonos de Posselt, es posible calcular la trayectoria descrita por el sensor durante la apertura mandibular. En el caso de la Figura 8, la línea azul muestra el recorrido del sensor en la apertura. La trayectoria total de esta es de 85,7 mm.

Como puede verse en cada caso hay cierta lógica en el aumento del registro dependiendo de que parámetro se tome. La distancia vertical siempre será menor a la distancia y esta a su vez será menor a la trayectoria.

Apertura mandibular, ángulo. Marinelli *et al.*, han descrito un método para obtener el ángulo de apertura utilizando una configuración de 3 sensores. El ángulo de apertura puede definirse utilizando el cálculo vectorial. Para ello se requiere de 3 sensores, con lo cuales se definirán dos vectores (Ec. 5 y 6) y a partir de estos se define un vector perpendicular a ambos (Ec. 7). Estos sensores se colocan de forma tal que formen un plano horizontal junto con el sensor interincisal, por ejemplo, entre el último premolar y el primer molar en la cara vestibular izquierdo y derecho. Con el sensor interincisivo como referencia, se definen dos vectores entre este punto y los sensores premolares, se obtiene un vector perpendicular entre ellos y luego se calcula el ángulo entre este vector, cuando la persona se encuentra en MIC, y el mismo vector en las posiciones de interés.

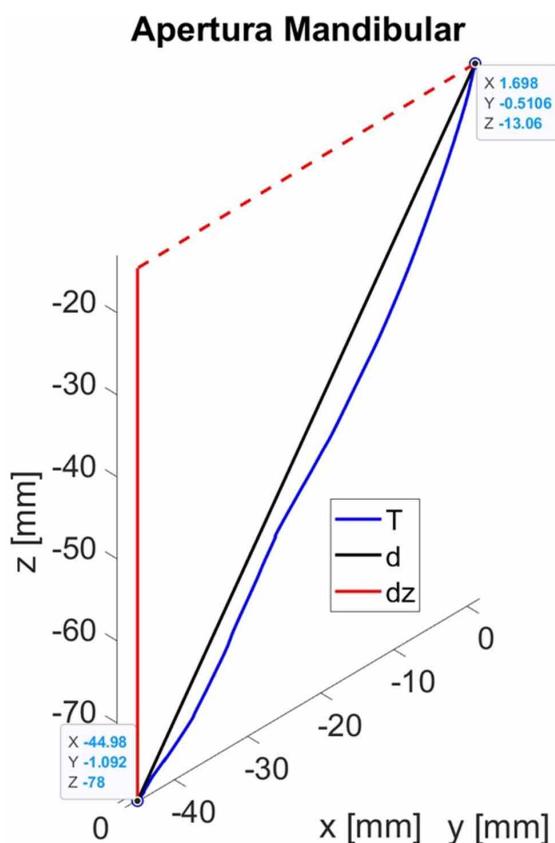


Fig. 8. Apertura máxima mandibular. Se resaltan el punto inicial y final. Se observan d, dz y la trayectoria.

Los vectores se definen de la siguiente manera: (Ec. 5) (Ec. 6) (Ec. 7)

$$\overline{V_R} = \overline{S_2 S_1} = \langle x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1 \rangle$$

$$\overline{V_L} = \overline{S_3 S_1} = \langle x_3 - x_1, y_3 - y_1, z_3 - z_1 \rangle$$

$$\overline{V_P} = \overline{V_L} \times \overline{V_R}$$

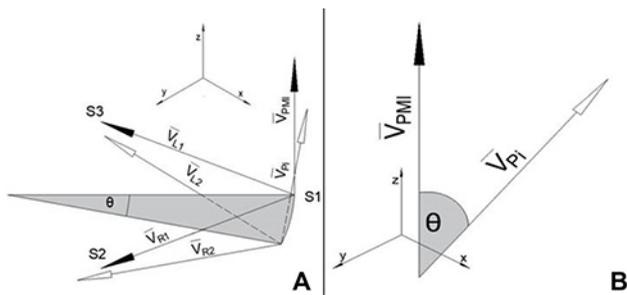


Fig. 9. (Marinelli *et al.*, 2022). A. Vectores $\overline{V_L}$ y $\overline{V_R}$ (1 en MIC, 2 en posición de interés) contruados con los sensores premolares y el sensor interincisivo, el vector $\overline{V_P}$ será perpendicular a ellos. Las flechas negras indican cuando el sistema se encuentra en MIC, las flechas blancas son con el sistema en la posición de interés. B. Esquema del ángulo entre los vectores perpendiculares en MIC y en la posición de interés. El ángulo entre ellos es igual al ángulo de inclinación de la mandíbula.

Donde S1 es el sensor interincisivo, S2 es el sensor intermolar derecho y S3 el sensor intermolar izquierdo. $\overline{V_R}$ es el vector formado entre los puntos S1 y S2, apuntando hacia el sensor intermolar derecho, $\overline{V_L}$ es el vector formado entre los puntos S1 y S3, apuntando hacia el sensor intermolar izquierdo y $\overline{V_P}$ es el vector perpendicular a ambos obtenidos mediante el producto cruz (Ec. 7). En la Figura 9 se puede ver un esquema del sistema vectorial creado y del ángulo obtenido.

Mediante el producto punto entre el vector perpendicular durante MIC y el vector perpendicular en las posiciones de interés, podemos obtener el ángulo θ . (Ec. 8)

$$\theta_i = \left| \cos^{-1} \left(\frac{\overline{V_{PMI}} \cdot \overline{V_{Pl}}}{|\overline{V_{PMI}}| |\overline{V_{Pl}}|} \right) \right|$$

En la Figura 10 se observa el plano formado por los sensores.

Polígonos de Posslet y movimientos funcionales. Esta nueva tecnología permite describir los polígonos de Posselt y visualizarlos junto con los ciclos masticatorios. Chuhuaicura *et al.*, describieron los polígonos tanto de forma excéntrica y concéntrica y superpusieron estas figuras con los ciclos masticatorios. En la Figura 11 se ven sus resultados. En la Figura 11.A, se observa el movimiento de apertura y los movimientos laterales no contactantes excéntricos y concéntricos de izquierda y derecha. En la Figura 11.B, se ve el polígono frontal, descrito de forma excéntrica (rojo) y de forma concéntrica (azul). En verde se ven los movimientos masticatorios. En la Figura 11.C, se muestra el polígono sagital, y en la 11.D, el polígono horizontal. Un descubrimiento interesante de este trabajo es que dependiendo de como se describa cada polígono su forma cambia radicalmente. En cada figura se muestra el coeficiente de simetría.

Plano formado por tres puntos

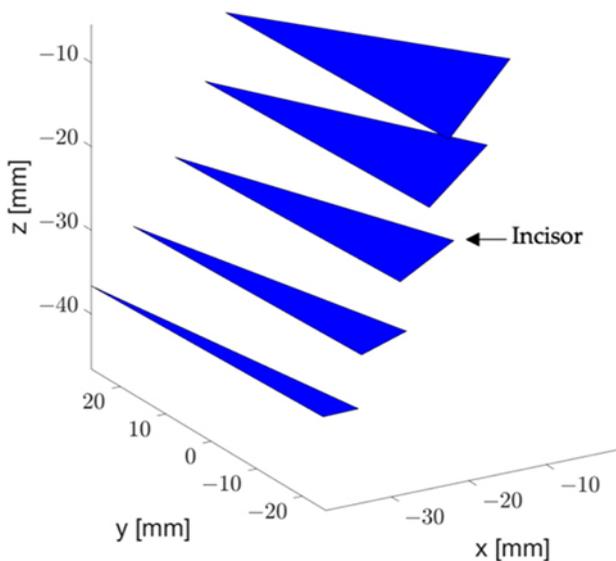


Fig. 10. (Marinelli *et al.*, 2022). Plano formado por los 3 sensores. Se observa la inclinación del plano a medida que se produce la apertura.

CONCLUSIÓN

En esta revisión hemos visto que la articulografía electromagnética abre un amplio campo en el análisis de los movimientos mandibulares. No sólo permite describir de forma más realista conceptos largamente estudiados como el Poliedro de Posselt, sino que también evaluarlo en conjunto con los movimientos funcionales. Además de esto, se agregan nuevos parámetros de análisis como los rangos, trayectorias, áreas, ángulo y coeficiente de similaridad. Todo esto utilizando una única herramienta de registro y el procesamiento de datos.

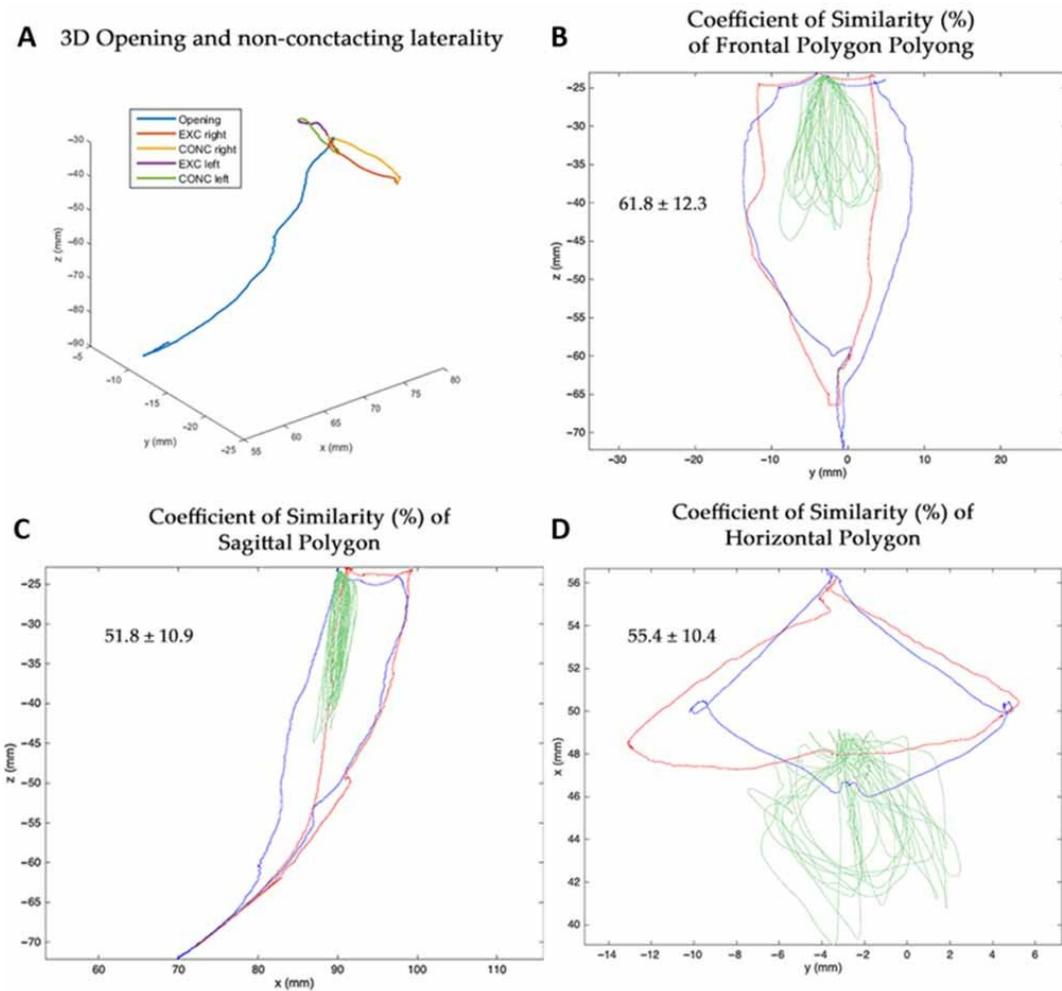


Fig. 11 (Chuhuaicura *et al.*, 2020). A. Movimientos laterales no contactantes y de apertura. B. Polígono frontal descripto de forma excéntrica (rojo) y concéntrica (azul) junto con los ciclos masticatorios (verde). C. Polígono sagital. D. Polígono horizontal.

MARINELLI, F.; VENEGAS, C. & FUENTES, R. Updating the analysis of mandibular movements through electromagnetic articulography. *Int. J. Morphol.*, 41(2):374-382, 2023.

SUMMARY: The objective of recording mandibular movements is to obtain relevant parameters that allow the evaluation of the state of the temporomandibular joint (TMJ) and of the muscles involved in mastication. Mandibular movement is due to a complex set of three-dimensional rotations and translations performed by the TMJ, limited by the ligaments and their articular surfaces, and by the morphology and alignment of the teeth, when the mandible moves over these limits, they are called mandibular border movements. The aim of this article is to provide an updated description of mandibular movements through electromagnetic articulography. Mandibular border movements are classified according to the plane of space in which they move, thus we have border movements in the sagittal plane, in the horizontal plane and the frontal plane, and in each plane they draw a different polygon,

called Posselt polygons. These polygons can be recorded by electromagnetic articulography, thanks to this technology some interesting parameters can also be extracted, such as: the total trajectory covered by the mandible when describing each polygon, displacement ranges in each plane, total area of each polygon of Posselt. Mandibular opening is measured as the distance between the incisal edges of the upper and lower central incisors at maximum opening plus the overbite. The analysis of mandibular opening is an important part of the clinical examination in dentistry as a preliminary evaluation, since limited opening can be the result of temporomandibular joint disorders, submucous oral fibrosis, rheumatic disease or facial trauma. The three-dimensional measurements that are obtained thanks to the electromagnetic Articulography, are appropriate to determine the normal ranges of opening, its accuracy allows the realization of investigations in the area, opening a wide field in the analysis of mandibular movements. Analysis of mandibular opening is an important part of the clinical examination in dentistry, since limited opening can be the result of

temporomandibular joint disorders, oral submucous fibrosis, rheumatic disease, or facial trauma. Analysis of mandibular opening is an important part of the clinical examination in dentistry, since limited opening can be the result of temporomandibular joint disorders, oral submucous fibrosis, rheumatic disease, or facial trauma. The three-dimensional measurements that are obtained thanks to the electromagnetic Articulography, are appropriate to determine the normal ranges of opening, its accuracy allows the realization of investigations in the area, opening a wide field in the analysis of mandibular movements.

KEY WORDS: Mandibular border movements; Posselt polygons; Electromagnetic articulography; Jaw opening.

Dirección para correspondencia:
Prof. Dr. Ramón Fuentes Fernández
Centro de Investigación en Ciencias Odontológicas
Facultad de Odontología
Universidad de La Frontera
Av. Francisco Salazar 1145
Temuco
CHILE

E-mail: ramon.fuentes@ufrontera.cl

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AlHammad, Z. A.; Alomar, A. F.; Alshammeri, T. A. & Qadoumi, M. A. Maximum mouth opening and its correlation with gender, age, height, weight, body mass index, and temporomandibular joint disorders in a Saudi population. *Cranio*, 39(4):303-9, 2021.
- Chang, W. S. W.; Romberg, E.; Driscoll C. F. & Tabacco, M. J. An in vitro evaluation of the reliability and validity of an electronic pantograph by testing with five different articulators. *J. Prosthet. Dent.*, 92(1):83-9, 2004.
- Chuhuaicura, P.; Lezcano, M. F.; Dias, J. D.; Fuentes A. D.; Arias, A. & Fuentes, R. Mandibular border movements: The two envelopes of motion. *J. Oral. Rehabil.*, 48(4):1-8, 2020.
- Khare, N.; Patil, S. B.; Kale, S.M.; Sumeet, J.; Sonali, I. & Sumeet, B. Normal mouth opening in an adult Indian population. *J. Maxillofac. Oral. Surg.*, 11(3):309-13, 2012.
- Lee, R. L. Jaw movements engraved in solid plastic for articular controls. I. Recording apparatus. *J. Prosthet. Dent.*, 22(2):209-24, 1969.
- Lezcano, M. F.; Dias, F. J.; Chuhuaicura, P.; Navarro, P. & Fuentes, R. Symmetry of mandibular movements: A 3D electromagnetic articulography technique applied on asymptomatic participants. *J. Prosthet. Dent.*, 125(5):746-52, 2021.
- Li, X. Y.; Jia, C. & Zhang, Z. C. The normal range of maximum mouth opening and its correlation with height or weight in the young adult Chinese population. *J. Dent. Sci.*, 12(1):56-9, 2017.
- Marinelli, F.; Lezcano, M. F.; Alarcón, J.; Navarro, P. & Fuentes, R. A novel technique to accurately measure mouth opening using 3d electromagnetic articulography. *Bioengineering (Basel)*, 9(10):577, 2022.
- Mezitis, M.; Rallis, G. & Zachariades, N. The normal range of mouth opening. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 47(10):1028-9, 1989.
- Okeson, J. P. *Part I Functional Anatomy: 4. Mechanics of Mandibular movement*. In: Okeson, J. P. (Ed.). *Management Of Temporomandibular Disorders And Occlusion*. 7th ed. St. Louis, Mosby, 2013. pp.233-42.
- Pinheiro, A. P.; Pereira, A. A.; Andrade, A. O. & Bellomo, D. Measurement of jaw motion: the proposal of a simple and accurate method. *J. Med. Eng. Technol.*, 35(3-4):125-33, 2011.
- Rieder, C. E. Maximum mandibular opening in patients with and without a history of TMJ dysfunction. *J. Prosthet. Dent.*, 39(4):441-6, 1978.
- Singh, A. V.; Pandie, N. & Sharma, M. To establish a normal range of inter-incisal opening- a study of 756 subjects of age group 20-50 years in Yamunanagar City, Haryana. *Dent. J. Adv. Stud.*, 1(1):1-3, 2013.
- Vargas-Agurto, S. A.; Lezcano, M. F.; Álvarez, G.; Navarro, P. & Fuentes, R. Three-dimensional analysis of mandibular border movements in fully dentate participants. *Int. J. Morphol.*, 38(4):983-9, 2020.