

Análisis Cinemático de la Masticación de Alimentos Duros y Blandos en Participantes Dentados Utilizando Articulografía Electromagnética 3D

Kinematic Analysis of Hard and Soft Food Mastication in Dentate Participants Using 3D Electromagnetic Articulography

**Sofía Vargas-Agurto¹; María Florencia Lezcano^{2,3}; Giannina Álvarez²;
Pablo Navarro^{2,3,4}; Alain Arias^{2,3,5} & Ramón Fuentes^{2,3}**

VARGAS-AGURTO, S.; LEZCANO, M. F.; ÁLVAREZ, G.; NAVARRO, P.; ARIAS, A. & FUENTES, R. Análisis cinemático de la masticación de alimentos duros y blandos en participantes dentados utilizando articulografía electromagnética 3D. *Int. J. Morphol.*, 39(3):935-940, 2021.

RESUMEN: Diversos estudios reportan que el tipo de alimento influye directamente en los patrones cinemáticos de la masticación. El objetivo de este estudio fue analizar y comparar los ciclos masticatorios de participantes adultos y completamente dentados durante la masticación de alimentos de diferente textura y dureza (maní y zanahoria) utilizando articulografía electromagnética 3D. Se evaluaron 11 participantes sanos (5 hombres; 6 mujeres), de $31,9 \pm 5,2$ años de edad. Mediante articulografía electromagnética 3D, se registró la masticación de dos alimentos de prueba (maní y zanahoria). Los datos de movimiento mandibular fueron procesados con MATLAB® y obteniendo diferentes parámetros—frecuencia masticatoria en ciclos por segundo, velocidad de descenso y ascenso mandibular, área de las proyecciones de cada ciclo masticatorio en los tres planos del espacio—que fueron comparados según tipo de alimento y género de los participantes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las áreas de los ciclos masticatorios en el plano horizontal según tipo de alimento, siendo mayor para la masticación de zanahoria ($P=,003$). Así mismo, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las áreas sagitales de los ciclos entre hombres y mujeres, siendo mayor en mujeres ($P=,042$). Nuestros resultados concuerdan con otros estudios que afirman que la textura del alimento influye en las características cinemáticas de los ciclos masticatorios.

PALABRAS CLAVE: Masticación; Biomecánica; Articulografía electromagnética 3D; Dureza de alimentos; Textura de alimentos.

INTRODUCCIÓN

El sistema masticatorio es considerado una unidad funcional del organismo que se encarga fundamentalmente de la masticación, el habla y la deglución (Okeson, 2013). Se encuentra compuesto por dientes y sus estructuras de soporte, componentes esqueléticos, las articulaciones temporomandibulares (ATMs), ligamentos, músculos, sistema vascular y nervioso (Soboleva *et al.*, 2005). Sus componentes desempeñan un papel importante en el sentido del gusto y la respiración, además de la masticación (Okeson). La masticación es el primer paso del proceso de digestión, siendo una actividad sensorial-motora compleja y encontrándose regulada por una serie de mecanismos fisiológicos

coordinados, mediante la cual, la comida ingerida es primero transportada a los dientes posteriores por la lengua y luego procesada junto a la saliva en un bolo adecuado para su deglución (Pereira *et al.*, 2006). La coordinación rítmica de la masticación se atribuye a la activación alternada de dos reflejos provenientes del tronco cerebral: el reflejo de apertura y cierre mandibular (Pereira *et al.*). En la masticación, la cantidad y la calidad de los contactos dentarios influyen directamente en el movimiento, pues estos contactos son monitoreados por mecanorreceptores que se encuentran en el ligamento periodontal (Okeson). La información recabada por los mecanorreceptores es enviada al sistema nervioso

¹ Programa de Magíster en Odontología, Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

² Centro de Investigación en Ciencias Odontológicas (CICO), Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

³ Departamento de Odontología Integral Adultos, Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

⁴ Universidad Autónoma de Chile, Chile.

⁵ Universidad Adventista de Chile, Chillán, Chile.

so central como vía sensitiva eferente lo cual permite modificar el movimiento de alimentación según el tipo de alimento que se esté masticando (Okeson).

El estudio de la cinemática masticatoria es de gran importancia ya que su alteración puede influir directamente en la calidad de vida de las personas, relacionándose con trastornos digestivos por la ingesta partículas de alimento demasiado gruesas que no pueden masticarse correctamente (Yurkstas, 1965). En relación a esto, se ha reportado que la textura y la naturaleza de los alimentos tienen una influencia directa en los patrones de la cinemática masticatoria (Yurkstas, 1965; Manns & Diaz, 1995; van der Bilt *et al.*, 2006; van der Bilt, 2011; Hwang *et al.*, 2012; Bonnet *et al.*, 2019). Los alimentos secos y duros requieren de mayor cantidad de ciclos masticatorios debido a que requieren más tiempo para triturar el alimento y aportar suficiente saliva para formar un bolo cohesivo y apto para ser deglutido (van der Bilt). La dureza del alimento es percibida durante la masticación afectando la actividad muscular, la fuerza masticatoria y los movimientos mandibulares (van der Bilt). Además, la dureza del alimento influye en la viscosidad y el tamaño de las partículas en el bolo formado (Hwang *et al.*).

En algunos estudios que analizan los parámetros de la masticación, se utilizan materiales artificiales en lugar de alimentos naturales como alimento de prueba: silicona de condensación, hidrocoloides, optosoft, silaplast, cuttersil, optosil y optocal (Bonnet *et al.*). Una ventaja de los materiales artificiales está relacionada con sus propiedades físicas ya que su forma, tamaño y composición son reproducibles durante su fabricación; sin embargo, son menos sensibles que los alimentos naturales a la saliva y al proceso de secado (Bonnet *et al.*). El uso de materiales sintéticos es debatible, particularmente en estudios relacionados a la fisiología de la masticación (Bonnet *et al.*). Los alimentos sintéticos no pueden tragarse e inducen una masticación no nutritiva que depende más del comando voluntario que del neurocontrol que se asocia a la masticación de alimentos naturales (Bonnet *et al.*). En estas condiciones, el inicio de la deglución no es natural, debido a que los sujetos no pueden adaptar el control cinemático a una referencia asociada a la experiencia previa deglutiendo este tipo de materiales (Bonnet *et al.*). En cuanto al uso de alimentos de prueba naturales, se considera al maní como un buen representante de los alimentos blandos y a las zanahorias de los alimentos duros, siendo ambos considerados alimentos de prueba apropiados para el estudio de la masticación (Yurkstas); aunque debe tenerse en consideración la influencia de la estación del año y la ubicación geográfica ya que, por ejemplo, las propiedades reológicas de la zanahoria son diferentes dependiendo del país de origen (van der Bilt).

Para el estudio de la cinemática masticatoria, se han utilizado diferentes metodologías y sistemas, los cuales tradicionalmente permitían un análisis bidimensional del movimiento. Entre estos sistemas, podemos mencionar al kinesiógrafo (Toman *et al.*, 2012), el ARCUS digma (Flores-Orozco *et al.*, 2016) o el sistema opto electrónico Gnathohexagrap (Yoshida *et al.*, 2007; Kuninori *et al.*, 2014). El EMA 3D, permite obtener información sobre la posición de estructuras en movimiento a través de coordenadas espaciales, las cuales son ordenadas en una matriz de datos que puede ser procesada por diversos programas computacionales y así obtener medidas cuantitativas inteligibles (Fuentes *et al.*, 2017). Estudios recientes, que se han realizado con esta metodología, han podido indagar respecto de patrones de masticación más específicos, de acuerdo a las características dentarias de los sujetos (Fuentes *et al.*, 2017, 2018), sin embargo se ha establecido que se requieren estudios más acabados para establecer diferencias entre patrones y entre sujetos. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue analizar y comparar los ciclos masticatorios de participantes adultos y completamente dentados utilizando alimentos de diferente textura y dureza (maní y zanahoria) mediante EMA 3D. El presente trabajo es la continuación del trabajo publicado por Vargas-Agurto *et al.* (2020), en el cual se analizaron los movimientos mandibulares bordeantes de participantes dentados en tres dimensiones utilizando la misma tecnología y el mismo grupo de estudio.

MATERIAL Y MÉTODO

Participantes. Se incluyeron un total de 11 participantes sanos (5 hombres y 6 mujeres), completamente dentados hasta el primer molar en cada hemiarcada. La edad promedio de los participantes fue $31,9 \pm 5,2$ años ($30,2 \pm 2,9$ años para las mujeres y $34,0 \pm 7,8$ años para los hombres). Previo a su inclusión en el estudio se realizó un examen intraoral (inspección visual) y se aplicó un screening de signos y síntomas para descartar la presencia de trastornos temporomandibulares (recomendado por la American Academy of Orofacial Pain, AAOP). Además, se realizó una breve entrevista (anamnesis) para descartar alergia al maní y zanahoria, antecedentes de alguna enfermedad médica, tratamiento de ortodoncia actual o pasado. Todos los participantes incluidos en el estudio firmaron el respectivo consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética Científica de la Universidad de La Frontera (Protocolo 038-2016).

Procedimiento experimental. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología Oral del Centro de Investigación en Ciencias Odontológicas (CICO), Facultad de

Odontología, Universidad de La Frontera y la recolección de datos de movimiento masticatorio (ciclos) de cada participante se realizó con el articulógrafo electromagnético 3D AG501 (Carstens Medizinelektronik, Bovenden, Alemania).

Para realizar el registro, se utilizó el protocolo de medición según Fuentes *et al.* (2017). De esta forma fue posible obtener y procesar únicamente los datos de posición del movimiento de la mandíbula durante la masticación (Fuentes *et al.*, 2018). Para iniciar el registro masticatorio, cada participante fue sentado bajo las bobinas transmisoras del articulógrafo en una posición cómoda, con la cabeza erguida y con la vista al frente.

Una vez colocados los sensores del articulógrafo, se realizaron los registros de movimientos mandibulares bordeantes analizados y publicados por Vargas-Agurto *et al.* Luego, se realizaron los registros de masticación utilizando dos alimentos de prueba: 3,7 g de maní y un disco de zanahoria (dimensiones de 1 x 2 cm) en forma independiente. Se instruyó al participante que masticara cada alimento en la forma más natural posible, posicionándolo sobre la lengua e iniciando desde la posición MIC. El registro de masticación de cada alimento fue repetido en tres ocasiones. Cada registro se inició cuando el participante se encontraba en MIC y finalizó cuando el participante realizó la primera deglución. Posterior a cada registro el participante descansó y bebió agua (para asegurarse de que todas las partículas fueran deglutidas una vez finalizado el registro).

Procesamiento de los datos. Los datos obtenidos de los registros de EMA, se procesaron mediante rutinas de cálculo (scripts) desarrolladas en MATLAB® (The Math Works, Inc., Natick, MA, USA). Para cada uno de los registros de masticación, se obtuvo la frecuencia masticatoria (número de ciclos masticatorios en un periodo de tiempo determinado; ciclos/s), velocidad de descenso (apertura) y ascenso (cierre) de la mandíbula durante la ejecución de cada ciclo (mm/s) y

áreas de los ciclos masticatorios en los planos frontal, sagital y horizontal (mm^2) (Fig. 1).

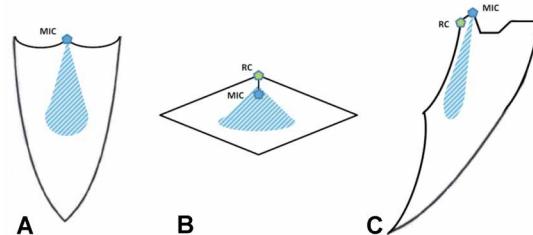


Fig. 1. Esquema que representa el área ciclo masticatorio (área sombreada) en relación al área de cada polígono de Posselt en: a) plano frontal, b) plano horizontal y c) plano sagital. Los polígonos se muestran sólo a modo de referencia.

Ánalisis Estadístico. Para el análisis de los datos se utilizó el programa IBM SPSS 23.0. Se realizó un análisis descriptivo determinando la media y la desviación estándar de los datos. Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Para comparar muestras normales se aplicó la prueba T-test para muestras pareadas (comparaciones según tipo de alimento) o prueba T-test para muestras independientes (comparaciones según sexo). Para comparar pares de muestras con distribución no normal, se aplicó la prueba de Wilcoxon (muestras pareadas) o U de Mann-Whitney (muestras independientes) según el caso. Para comparar más de dos grupos dependientes (áreas de los ciclos en los tres planos) se aplicó ANOVA de un factor y la prueba post hoc de Bonferroni. Un valor de =,05 fue elegido como umbral de significancia.

RESULTADOS

En la Tabla I se resumen los promedios de cada variable analizada y agrupadas según alimento de prueba: zanahoria y maní (Figs. 2 y 3, respectivamente), y por sexo de los participantes.

Tabla I. Frecuencia masticatoria, velocidad mandibular (descenso y ascenso) durante la masticación y área de los ciclos masticatorios proyectados en los tres planos del espacio.

	Frecuencia (ciclos/s)	Velocidad (mm/s)		Área (mm^2)		
		Descenso	Ascenso	Frontal	Sagital	Horizontal
Masticación de maní						
Mujeres	$1,4 \pm 0,2$	$53,4 \pm 8,1$	$50,2 \pm 7,3$	$49,5 \pm 18,3$	$9,9 \pm 2,3$	$8,3 \pm 5,9$
Hombres	$1,4 \pm 0,3$	$57,7 \pm 16,8$	$54,8 \pm 15,0$	$38,0 \pm 16,6$	$10,6 \pm 4,3$	$10,6 \pm 7,1$
Todos los participantes	$1,4 \pm 0,2$	$55,4 \pm 12,3$	$52,3 \pm 11,1$	$44,3 \pm 17,7$	$10,3 \pm 3,2$	$9,3 \pm 6,2a$
Masticación de zanahoria						
Mujeres	$1,3 \pm 0,1$	$62,2 \pm 10,9$	$59,0 \pm 8,8$	$56,9 \pm 19,8$	$14,0 \pm 4,2b$	$13,7 \pm 10,4$
Hombres	$1,6 \pm 0,3$	$72,3 \pm 11,1$	$69,6 \pm 13,7$	$51,5 \pm 10,7$	$9,0 \pm 2,6b$	$16,4 \pm 5,7$
Todos los participantes	$1,5 \pm 0,3$	$66,8 \pm 11,7$	$63,9 \pm 12,0$	$54,5 \pm 15,8$	$11,7 \pm 4,3$	$14,9 \pm 8,3a$

Las letras a y b representan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio ($P=.003$ y $P=.042$, respectivamente).

En el plano horizontal, el promedio del área conjunta de todos los participantes fue significativamente mayor cuando estos masticaban zanahoria ($14,9 \pm 8,3 \text{ mm}^2$) respecto del logrado con el maní ($9,3 \pm 6,2 \text{ mm}^2$; $P=,003$). En

el plano sagital, se encontró que el promedio fue significativamente mayor en mujeres respecto a los hombres ($P=,042$) cuando estos masticaron zanahoria ($14,0 \pm 4,2 \text{ mm}^2$).

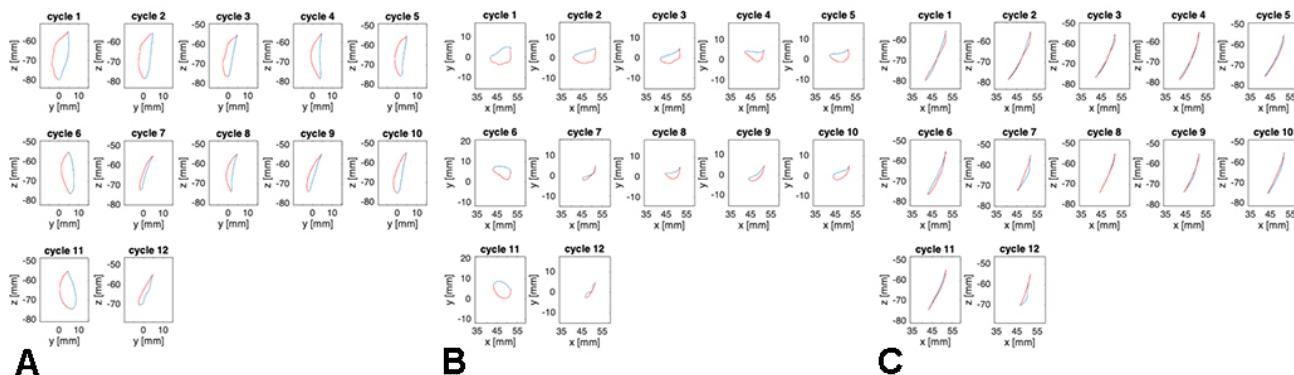


Fig. 2. Ciclos masticatorios correspondientes a un registro completo de masticación de zanahoria: a plano frontal, b plano horizontal y c plano sagital. El descenso mandibular se muestra en azul y el ascenso en rojo.

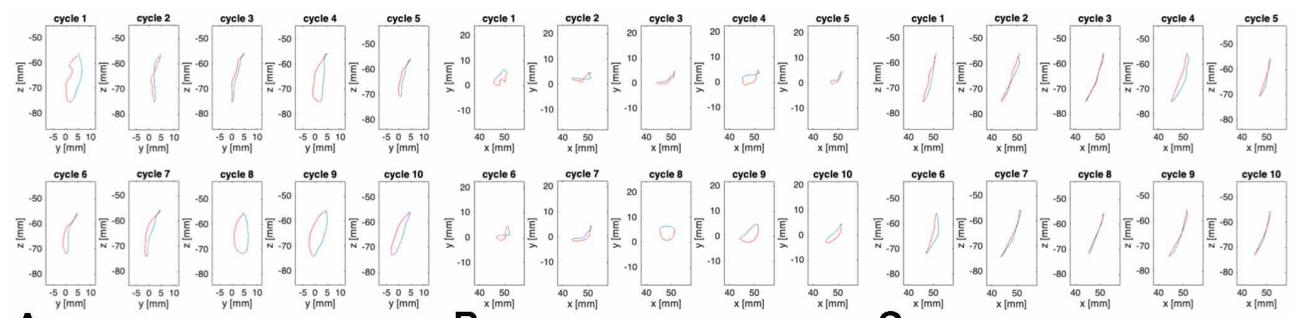


Fig. 3. Ciclos masticatorios correspondientes a un registro completo de masticación de maní: a plano frontal, b plano horizontal y c plano sagital. El descenso mandibular se muestra en azul y el ascenso en rojo.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue analizar las características de los ciclos masticatorios de adultos dentados utilizando dos tipos de alimentos de prueba (maní y zanahoria) y aplicando un acabado análisis tridimensional.

La masticación es un proceso biológico funcional para el procesamiento de los alimentos semisólidos y, principalmente, sólidos (Koç *et al.*, 2013). Este proceso involucra un comportamiento rítmico mediado a nivel central y dependiente de un control consciente (Palmer *et al.*, 2007) y feedback sensorial (Lund & Kolta, 2006; van der Bilt *et al.*). Es en esta retroalimentación sensorial, que la textura y las características de los alimentos pueden modificar el comportamiento masticatorio (Hiiemae *et al.*, 1996; van der Bilt *et al.*). Por esta razón, que se utilizó maní y zanahoria, dos alimentos de prueba naturales y muy diferentes en sus ca-

racterísticas, siendo utilizados por otros autores previamente (Gillings *et al.*, 1973; Fontijn-Tekamp *et al.*, 2004; Mishellany-Dutour *et al.*, 2008). En relación a esto, se encontraron diferencias según el tipo de alimento en los parámetros de masticación evaluados, encontrándose que la frecuencia masticatoria, la velocidad mandibular e incluso el área de los ciclos masticatorios son mayores cuando se mastica un alimento menos duro y más fibroso (zanahoria). A pesar de no observar diferencias significativas en estos análisis, sí es posible observar una tendencia. Estos hallazgos, concuerdan con lo reportado por van der Bilt *et al.* quien afirma que el número de ciclos para procesar el alimento aumenta a medida que este se vuelve más difícil de masticar. Complementando lo anterior, el estudio de Horio & Kawamura (1989) afirma que la consistencia del alimento, en cuanto a su naturaleza fibrosa o granulada, es más crítica

para determinar la frecuencia masticatoria, más allá de la dureza. Es importante destacar en este punto, que de acuerdo a lo reportado por Sánchez-Ayala *et al.* (2013) una menor frecuencia masticatoria estaría asociada con un mejor rendimiento masticatorio.

En cuanto a las diferencias por sexo, se observa que los hombres presentan una frecuencia masticatoria y velocidad mandibular mayor que las mujeres, independiente del tipo de alimento, pero sin diferencias significativas. Una mayor velocidad de apertura y/o cierre mandibular durante la masticación nos permite inferir que la duración total para la ejecución del ciclo masticatorio es menor. Estos datos son concordantes con lo reportado por Youssef *et al.*, (1997) quienes reportaron que en una muestra de 20 hombres y 17 mujeres sanas, los hombres presentaron ciclos masticatorios más pequeños y con una velocidad mandibular de ascenso y descenso mayor respecto de las mujeres. Estos datos también son elocuentes con lo reportado por Kiliaridis *et al.* (1991) quienes afirman que la velocidad de cierre durante la masticación es menor en mujeres. Asimismo, es posible reafirmar lo reportado por Neill & Howell (1986) y Buschang *et al.* (2000) quienes encontraron que la duración del ciclo masticatorio es significativamente mayor en mujeres. La velocidad mandibular durante la ejecución de los ciclos masticatorios puede relacionarse con el grado de dureza del alimento, pues al ser más blando cuesta menos esfuerzo terminar un ciclo masticatorio e iniciar otro (Pröschel & Hofmann, 1988).

En cuanto al área de los ciclos masticatorios, las mujeres presentan un área en el plano frontal mayor que los hombres, independiente del tipo de alimento y sin diferencias significativas, similar a lo reportado por Youssef *et al.* Por otro lado, nuestros resultados difieren parcialmente de lo reportado por Chew *et al.* (1988) quienes encontraron que el área promedio de los ciclos masticatorios en hombres que masticaron maní fue de 33 mm². En el estudio, bajo condiciones similares los hombres presentaron un área promedio en el plano frontal de 40 mm² con una alta variación entre sujetos. De igual forma, nuestros resultados difieren de lo reportado por Barciela Castro *et al.* (2002) quienes a pesar de realizar un análisis del área de los ciclos masticatorios según el lado, demuestran que en promedio las mujeres presentan un área menor al de los hombres. De todas formas, estos resultados deben analizarse con cautela debido a las diferencias en los métodos de evaluación y sus grados de precisión.

Por otro lado, resulta interesante analizar lo que ocurre en el plano sagital en donde los valores del área de los ciclos masticatorios podrían indicar que los movimientos protrusivos y retrusivos son significativamente mayores en

mujeres respecto a los hombres cuando se mastica zanahoria. En el análisis del plano horizontal los movimientos laterales durante la masticación de todo el conjunto de participantes fueron significativamente mayores cuando se mastica zanahoria, demostrando a la vez una tendencia que apunta a que los hombres presentan en este plano un área de los ciclos masticatorios mayor que las mujeres. De acuerdo al estudio de Chew *et al.* el área de los ciclos masticatorios en el plano frontal estaría altamente correlacionada con las amplitudes registradas en el plano horizontal, lo cual no es concordante con los resultados de nuestro estudio, puesto que una mayor área en el plano frontal se relaciona con una menor área en el plano horizontal.

En cuanto al área funcional que ocupa la masticación de estos alimentos respecto del área total que abarca el polígono de Posselt respectivo, para el plano frontal este no supera el 20 %, en el plano sagital siendo menor del 10 % y en el plano horizontal puede llegar a superar el 30 %. En todas estas comparaciones no se encontraron diferencias significativas.

El estudio y entendimiento de los patrones de masticación en sujetos dentados es el punto de partida para una mejor comprensión de los cambios masticatorios que ocurren con el envejecimiento y la pérdida dentaria. Nuestros resultados concuerdan con otros estudios que afirman que la textura del alimento influye en las características cinemáticas de los ciclos masticatorios.

VARGAS-AGURTO, S.; LEZCANO, M. F.; ÁLVAREZ, G.; NAVARRO, P.; ARIAS, A. & FUENTES, R. Kinematic analysis of hard and soft food mastication in dentate participants using 3D electromagnetic articulography. *Int. J. Morphol.*, 39(3):935-940, 2021.

SUMMARY: Several studies report that the type of food directly influences the kinematic patterns of mastication. The aim of this study was to analyze and compare the chewing cycles of adult and fully dentate participants during the mastication of foods of different texture and hardness (peanuts and carrots) using 3D electromagnetic articulography. Eleven healthy participants (5 men; 6 women), 31.9 ± 5.2 years old, were evaluated. By means of 3D electromagnetic articulography, the mastication of two test foods (peanuts and carrots) was recorded. The data associated to mandibular movement were processed with MATLAB® obtaining different parameters—masticatory frequency in cycles per second, mandibular descent and ascent rate, area of the projections of each masticatory cycle in the three planes of space—which were compared according to type of food and sex of the participants. Statistically significant differences were found between the areas of the masticatory cycles in the horizontal plane according to type of food, being greater for carrots ($P=.003$). Likewise, statistically significant differences were detected between the sagittal areas of

the cycles between men and women, being greater in women ($P=0.042$). Our results agree with other studies that affirm that the texture of the food influences the kinematic characteristics of the masticatory cycles.

KEY WORDS: **Mastication; Biomechanics; 3D electromagnetic articulography; Food hardness; Food texture.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barciela Castro, N.; Fernandez Varela, J. M.; Martin Biedma, B.; Rilo Pouso B.; Suarez Quintanilla, J.; Gonzalez Bahillo, J. & Varela Patiño, P. Analysis of the area and length of masticatory cycles in male and female subjects. *J. Oral Rehabil.*, 29(12):1160-4, 2002.
- Bonnet, G.; Batisse, C.; Peyron, M. A.; Nicolas, E. & Hennequin, M. Which variables should be controlled when measuring the granulometry of a chewed bolus? A systematic review. *J. Texture Stud.*, 50(3):194-216, 2019.
- Buschang, P. H.; Hayasaki, H. & Throckmorton, G. S. Quantification of human chewing-cycle kinematics. *Arch. Oral Biol.*, 45(6):461-74, 2000.
- Chew, C. L.; Lucas, P. W.; Tay, D. K.; Keng, S. B. & Ow, R. K. The effect of food texture on the replication of jaw movements in mastication. *J. Dent.*, 16(5):210-4, 1988.
- Flores-Orozco, E. I.; Rovira-Lastra, B.; Willaert, E.; Peraire, M. & Martínez-Gomis, J. Relationship between jaw movement and masticatory performance in adults with natural dentition. *Acta Odontol. Scand.*, 74(2):103-7, 2016.
- Fontijn-Tekamp, F. A.; van der Bilt, A.; Abbink, J. H. & Bosman, F. Swallowing threshold and masticatory performance in dentate adults. *Physiol. Behav.*, 83(3):431-6, 2004.
- Fuentes, R.; Arias, A.; Saravia, D.; Lezcano, M. F. & Dias, F. J. An innovative method to analyse the range of border mandibular movements using 3D electromechanical articulography (AG501) and MATLAB. *Biomed. Res.*, 28(9):4239-47, 2017.
- Fuentes, R.; Dias, F.; Álvarez, G.; Lezcano, M. F.; Farfán, C.; Astete, N. & Arias, A. Application of 3D electromechanical articulography in dentistry: mastication and deglutition analysis. Protocol report. *Int. J. Odontostomat.*, 12(1):105-12, 2018.
- Gillings, B. R.; Graham, C. H. & Duckmanton, N. A. Jaw movements in young adult men during chewing. *J. Prosthet. Dent.*, 29(6):616-27, 1973.
- Hiiemae, K.; Heath, M. R.; Heath, G.; Kazazoglu, E.; Murray, J.; Sapper, D. & Hamblett, K. Natural bites, food consistency and feeding behaviour in man. *Arch. Oral Biol.*, 41(2):175-89, 1996.
- Horio, T. & Kawamura, Y. Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J. Oral Rehabil.*, 16(2):177-83, 1989.
- Hwang, J.; Kim, D. K.; Bae, J. H.; Kang, S. H.; Seo, K. M.; Kim, B. K. & Lee, S. Y. The effect of rheological properties of foods on bolus characteristics after mastication. *Ann. Rehabil. Med.*, 36(6):776, 2012.
- Kiliaridis, S.; Karlsson, S. & Kjellberg, H. Characteristics of masticatory mandibular movements and velocity in growing individuals and young adults. *J. Dent. Res.*, 70(10):1367-70, 1991.
- Koç, H.; Vinyard, C. J.; Essick, G. K. & Foegeding, E. A. Food oral processing: conversion of food structure to textural perception. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 4:237-66, 2013.
- Kuninori, T.; Tomonari, H.; Uehara, S.; Kitashima, F.; Yagi, T. & Miyawaki, S. Influence of maximum bite force on jaw movement during gummy jelly mastication. *J. Oral Rehabil.*, 41(5):338-45, 2014.
- Lund, J. P. & Kolta, A. Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. *Dysphagia*, 21(3):167-74, 2006.
- Manns, A. & Diaz, G. *Sistema Estomatognático*. Santiago de Chile, Universidad de Chile, 1995.
- Mishellany-Dutour, A.; Renaud, J.; Peyron, M. A.; Rimek, F. & Woda, A. Is the goal of mastication reached in young dentates, aged dentates and aged denture wearers? *Br. J. Nutr.*, 99(1):121-8, 2008.
- Neill, D. J. & Howell, P. G. Computerized kinesiography in the study of mastication in dentate subjects. *J. Prosthet. Dent.*, 55(5):629-38, 1986.
- Okeson, J. P. *Tratamiento de Oclusión y Afecciones Temporomandibulares*. 7th ed. Amsterdam, Elsevier, 2013.
- Palmer, J. B.; Hiiemae, K. M.; Matsuo, K. & Haishima, H. Volitional control of food transport and bolus formation during feeding. *Physiol. Behav.*, 91(1):66-70, 2007.
- Pereira, L. J.; Gaviao, M. B. D. & Van der Bilt, A. Influence of oral characteristics and food products on masticatory function. *Acta Odontol. Scand.*, 64(4):193-201, 2006.
- Pröschel, P. & Hofmann, M. Frontal chewing patterns of the incisor point and their dependence on resistance of food and type of occlusion. *J. Prosthet. Dent.*, 59(5):617-24, 1988.
- Sánchez-Ayala, A.; Farias-Neto, A.; Campanha, N. H. & Garcia, R. C. M. R. Relationship between chewing rate and masticatory performance. *Cranio*, 31(2):118-22, 2013.
- Soboleva, U.; Laurina, L. & Slaidina, A. The masticatory system--an overview. *Stomatologija*, 7(3):77-80, 2005.
- Toman, M.; Toksavul, S.; Saracoglu, A.; Cura, C. & Hatipoglu, A. Masticatory performance and mandibular movement patterns of patients with natural dentitions, complete dentures, and implant-supported overdentures. *Int. J. Prosthodont.*, 25(2):135-7, 2012.
- van der Bilt, A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *J. Oral Rehabil.*, 38(10):754-80, 2011.
- van der Bilt, A.; Engelen, L.; Pereira, L. J.; van der Glas, H. W. & Abbink, J. H. Oral physiology and mastication. *Physiol. Behav.*, 89(1):22-7, 2006.
- 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.
- Yoshida, E.; Fueki, K. & Igarashi, Y. Association between food mixing ability and mandibular movements during chewing of a wax cube. *J. Oral Rehabil.*, 34(11):791-9, 2007.
- Youssef, R. E.; Throckmorton, G. S.; Ellis 3rd, E. & Sinn, D. P. Comparison of habitual masticatory patterns in men and women using a custom computer program. *J. Prosthet. Dent.*, 78(2):179-86, 1997.
- Yurkstas, A. A. The masticatory act: a review. *J. Prosthet. Dent.*, 15(2):248-60, 1965.

Dirección para correspondencia:

Prof. Dr. Ramón Fuentes Fernández

Centro de Investigación en Ciencias Odontológicas

Facultad de Odontología

Universidad de La Frontera

Av. Francisco Salazar 01145

Temuco

CHILE

E-mail: ramon.fuentes@ufrontera.cl

Recibido : 16-03-2021

Aceptado: 05-05-2021