

# Reemplazo de la articulación temporomandibular. Criterios para la indicación y seguimiento

## Temporomandibular joint replacement. Criteria for indication and follow-up

Sergio Olate<sup>1,2,3</sup> Víctor Ravelo<sup>2,4</sup> Claudio Huentequero<sup>1,5</sup> Alejandro Unibazo<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup> División de Cirugía Oral y Maxilofacial, Hospital A.G.P., Lautaro, Chile.

<sup>2</sup> Centro de Excelencia en Estudios Morfológicos y Quirúrgicos, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>3</sup> Departamento de Odontología Integral, Facultad de Odontología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>4</sup> Grupo de Investigación de Pregrado en Odontología, Universidad Autónoma de Chile, Chile.

<sup>5</sup> Unidad de Cirugía Maxilofacial y de Cabeza y Cuello, Hospital C.A.P.L.C., Temuco, Chile.

<sup>6</sup> Unidad de Cirugía Oral y Maxilofacial, Hospital H.H.A., Temuco, Chile.

### Correspondence

Prof. Sergio Olate  
Centro de Excelencia en Estudios Morfológicos y Quirúrgicos (CEMyQ)  
Universidad de La Frontera  
CHILE

ORCID: 0000-0001-8153-0676

E-mail: sergio.olate@ufrontera.cl

**OLATE S, RAVELO V, HUENTEQUEO C, UNIBAZO A.** Reemplazo de la articulación temporomandibular. Criterios para la indicación y seguimiento. *Craniofac Res.* 2022; 1(1):36-44.

**RESUMEN:** La articulación temporomandibular (ATM) es una estructura compleja en el área cráneo máxilo mandibular. Su alteración patológica genera deficiencias en diferentes niveles, llevando a que su reemplazo sea necesario en algunos casos. El objetivo de este artículo es la de analizar la indicación actual, criterios y condiciones de seguimiento de estos pacientes. Se realizó una revisión narrativa, identificando las principales indicaciones para el uso de prótesis de ATM y la valoración de diferentes criterios que actualmente son reportados en la literatura internacional; también se analiza la versatilidad del uso de prótesis estándar y prótesis personalizadas. Se concluye que el reemplazo de la ATM presenta indicaciones y criterios relevantes que deben ser valorados; conseguir el tratamiento más beneficioso para nuestro paciente debe ser un criterio primordial en áreas que actualmente son controversiales.

**PALABRAS CLAVE:** Articulación temporomandibular, prótesis, cirugía ortognática.

### INTRODUCCIÓN

El uso de imágenes tridimensionales permite realizar un diagnóstico anatómico del estado patológico del paciente y realizar una planificación quirúrgica virtual (Swennen *et al.*, 2009); permite reproducir modelos de estudio y fabricar guías quirúrgicas e implantes personalizados (Hua *et al.*, 2019). Estos implantes específicos son realizados para cada paciente, y se pueden utilizar para la sustitución completa de la articulación temporomandibular (ATM), la reconstrucción del esqueleto maxilofacial y para la cirugía ortognática (Huang *et al.*, 2019).

El reemplazo de ATM puede ser de fabricación estándar o confeccionada por computadora y consiste en 1) un componente de rama y de cóndilo; 2) un componente de

fosa y 3) tornillos de titanio para su fijación (Johnson *et al.*, 2017). Las prótesis personalizadas de titanio, asistida por computadoras (CAD-CAM) a partir de un modelo tridimensional, ha demostrado mejorar la función de los pacientes (Thiem *et al.*, 2020), distribuyendo de igual manera la tensión del comportamiento de la prótesis en comparación con una ATM normal (Chen *et al.*, 2018), lo cual entrega resultados favorables a largo plazo (Wolford *et al.*, 2015). A diferencia de otras estructuras del área craneofacial, la ATM conecta el cráneo con el tercio inferior del rostro, y está encargada de funciones esenciales como la masticación, el habla, la deglución y respiración, por lo que patologías degenerativas en la articulación, ge-

neran una adaptación de la función y la posición sagital mandibular; generando sobrecargas a lo largo del tiempo, como también alterando la estética facial (Mercuri, 2012; Vignesh *et al.*, 2020). La mandíbula, entonces, interactúa con la base del cráneo mediante la ATM y con la maxila mediante la oclusión dental.

La morfología y la estética facial influyen consistentemente en las relaciones personales y profesionales y, en algunos casos, pacientes con deformidades faciales se encuentran insatisfechos con su apariencia física más que con sus problemas funcionales (Miguel *et al.*, 2014). En el caso de pacientes con problemas degenerativos de la ATM, muchas veces se ve afectado la morfología facial mediante asimetrías o deformidades de los tercios faciales, por lo que es necesario incorporar la cirugía ortognática dentro de la preparación quirúrgica del tratamiento, ya que permitirá mejorar la función máxilo mandibular, articular y estética del rostro (Olate *et al.*, 2020).

El objetivo de este artículo fue presentar un análisis en la indicación actual para el reemplazo de la ATM y orientar en diseño, criterios y estrategias de seguimiento.

### **Indicaciones actuales para el reemplazo de la ATM**

El cóndilo mandibular está inserto en todo el proceso de crecimiento y desarrollo facial. Jing *et al.* (2015) indicaron que la regulación del crecimiento condilar está relacionada con condrocitos que se ubican en las diferentes capas de la cabeza del cóndilo mandibular. De la misma forma, Buschang & Gandini (2002) indicaron tempranamente que el crecimiento del cóndilo mandibular se relaciona significativamente con el crecimiento de la rama mandibular, cuerpo mandibular y finalmente con la posición de la mandíbula.

El cóndilo mandibular en desarrollo puede verse afectado por diferentes condiciones como la carga mecánica alterada que contribuye a un aumento en la maduración de condrocitos, incremento en el volumen óseo e incremento en la mineralización precoz de la mandíbula, de forma que cargas alteradas pueden afectar consistentemente el modelo de crecimiento mandibular (Kaul *et al.*, 2016). Recientemente, publicaciones de nuestro grupo han demostrado que el cóndilo mandibular tendrá cambios en su posición según las características faciales y también características de mal oclusión determinando una relación entre ambas condiciones (Ravelo *et al.*, 2022).

De esta forma, el cóndilo mandibular presenta clara relación con la morfología facial y, por consecuencia, con alteraciones de esta. La cirugía ortognática es el tratamiento quirúrgico destinado para mejorar las condiciones funcionales y estéticas de los maxilares y del sistema estomatognático y se presenta actualmente con protocolos definidos y baja incidencia de complicaciones (Olate *et al.*, 2018); la cirugía ortognática, por tanto, está orientada a obtener mejores condiciones de relación inter arco, entre dientes, mejorar la función masticatoria, función fonatoria, mejorar la función articular en la mayoría de los casos y establecer mejoras psicosociales. De esta forma, indicaciones de cirugía ortognática son definidas y claramente instaladas en diferentes artículos científicos.

En el caso del reemplazo de la ATM, la indicación puede variar según las condiciones clínicas y funcionales observadas. De Meurechy & Mommaerts (2018) realizaron una extensa revisión y concluyeron que la indicación para reemplazo de ATM puede ser 1) múltiples operaciones previas en la ATM, 2) fracaso en la reconstrucción con hueso autógeno, 3) anquilosis de la ATM, 4) neoplasias y 5) alteraciones funcionales severas en la ATM. Existen dos indicaciones más que son asociadas a 6) enfermedades del tejido conectivo y enfermedades autoinmunes y 7) alteraciones inflamatorias, infecciosas o reactivas que pueden presentar alguna controversia. Mercuri (2011) también incorporó una octava indicación asociada a la pérdida de dimensión vertical posterior y deficiencias en la oclusión, determinando que el reemplazo de la ATM estaría indicado también en casos de deformidades faciales.

En una revisión extensa, Bach *et al.* (2022) señalaron que, de 348 pacientes, la artritis fue la principal indicación para el reemplazo de la ATM con el 39,7%, seguido de la anquilosis con el 27,6% y con la enfermedad articular degenerativa con el 14,7%. Evidentemente, el tratamiento precoz en la patología de la ATM es más eficiente en términos de reducción de los requerimientos biológicos y también de los costos económicos asociados (Stowell *et al.*, 2007; Gatchel *et al.*, 2006). Sin embargo, cuando existe una patología de la ATM instalada, la técnica reconstructiva y el reemplazo de la articulación puede ser una más de las herramientas disponibles para el manejo de la patología.

En este sentido, Dimitroulis (2013) incorporó una nueva clasificación de la patología de la ATM que puede ser aplicada para entender de mejor manera la incorporación

de diferentes técnicas en el manejo de la ATM. La categoría 5 dominada por condiciones catastróficas y la enfermedad terminal de la ATM es una correcta indicación para la reconstrucción y reemplazo de la ATM.

En base a estas condiciones y entendiendo que la patología terminal de la ATM está vinculada a deformidades faciales, el tratamiento de elección debe basarse en criterios donde el resultado de la elección terapéutica debe ser mejor y más beneficiosa que otras indicaciones basadas los criterios objetivos y subjetivos que involucran al paciente como centro en la elección.

### **Criterios para definir el reemplazo de la ATM**

De un punto de vista morfológico, la deformidad facial y degenerativa de la ATM presentan relación. Sin embargo, existen casos donde el empleo de técnicas quirúrgicas o no quirúrgicas pueden ser útiles en el manejo de la enfermedad.

En el pasado, nuestro grupo publicó casos y series de casos utilizando la eminectomía para el manejo de luxaciones recidivantes. Esta alteración funcional se puede mejorar sustancialmente con un protocolo quirúrgico de menor morbilidad y establecer parámetros funcionales y estéticos adecuado en este grupo de pacientes (Klüppel, 2010; Mayrink *et al.*, 2012),

En el caso de patologías asociadas al aumento del tamaño del cóndilo mandibular, como lo que se presenta en sujetos con hiperplasia de cóndilo mandibular activa en etapa de la adolescencia, la opción de manejo de baja morbilidad también se puede presentar con condilectomía alta o condilectomía proporcional. Nuestro grupo ha publicado investigaciones que definen la técnica quirúrgica, las condiciones postoperatorias en términos de alteraciones funcionales y estrategias que pueden ser utilizadas (Fariña *et al.*, 2016), demostrando que el reemplazo de la ATM en estos casos no es necesario, observando elevada predictibilidad en casos manejados con condilectomía proporcional exclusiva o con cirugía ortognática secundaria.

En casos de aumento del tamaño condilar asociada a tumores como el osteocondroma, que ocurren preferentemente en población adulta, en donde la capacidad regenerativa del cóndilo mandibular se encuentra francamente disminuida, el tratamiento con condilectomía baja es la técnica más habitual (Mehra *et al.*, 2016). En estas situaciones, el reemplazo de la articulación con prótesis de la

ATM tiene correcta indicación debido a que las alteraciones funcionales y la anomalía morfológica esperada posterior a la condilectomía baja pueden ser catastróficas para la función normal en un sujeto adulto (Fig. 1). En el adulto sometido a condilectomía baja no tenemos opciones de regeneración vertical del cóndilo, perdemos posición vertical posterior y se pierde estabilidad en la reposición máxilo mandibular.

Otra situación observada se centra en la reducción del tamaño del cóndilo mandibular como el observado en jóvenes y adultos. El cóndilo mandibular de tamaño reducido de forma bilateral se relaciona con alteraciones faciales de clase II (Patel *et al.*, 2021); cuando existe reducción en el tamaño de un cóndilo mandibular asociado a diferentes tipos de enfermedades, clínicamente se observará asimetría facial con desviación del mentón hacia el lado afectado por la reducción, determinando una reducción vertical posterior del lado afectado; ineludiblemente, la cirugía ortognática exclusiva no podrá realizar un balance perfecto en esta asimetría posterior. La prótesis de ATM en algunos casos puede estar perfectamente indicada para obtener resultados favorable y predictibilidad en los diferentes escenarios planteados para el tratamiento exitoso.

Condiciones como la artritis juvenil aun permanecen en la controversia respecto de la mejor indicación de tratamiento. Reportes clínicos bien desarrollados indican que la prótesis articular es una indicación adecuada en estos casos donde la deformidad de la ATM se presenta como terminal (Patel *et al.*, 2021); por otra parte, otros autores sugieren que el exclusivo desarrollo de cirugía ortognática puede mejorar de forma estable y predecible la función y estética facial (Raffaini & Arcuri, 2019). Recientemente se ha publicado un algoritmo para el manejo de las deformidades dentofaciales asociadas a artritis juvenil, lo cual representa una buena aproximación (Resnick *et al.*, 2019); no obstante, y entendiendo la controversia actual, el criterio primario de realizar un tratamiento que sea más eficiente y beneficioso para nuestro paciente es el que mejor representa esta condición. En nuestra experiencia, casos con reabsorción condilar asociada a artritis han sido tratados con cirugía ortognática de forma exclusiva o con prótesis de ATM en otros casos demostrando resultados favorables en ambos escenarios (Olate *et al.*, 2021) entiendo las limitaciones y restricciones que cada técnica ofrece.

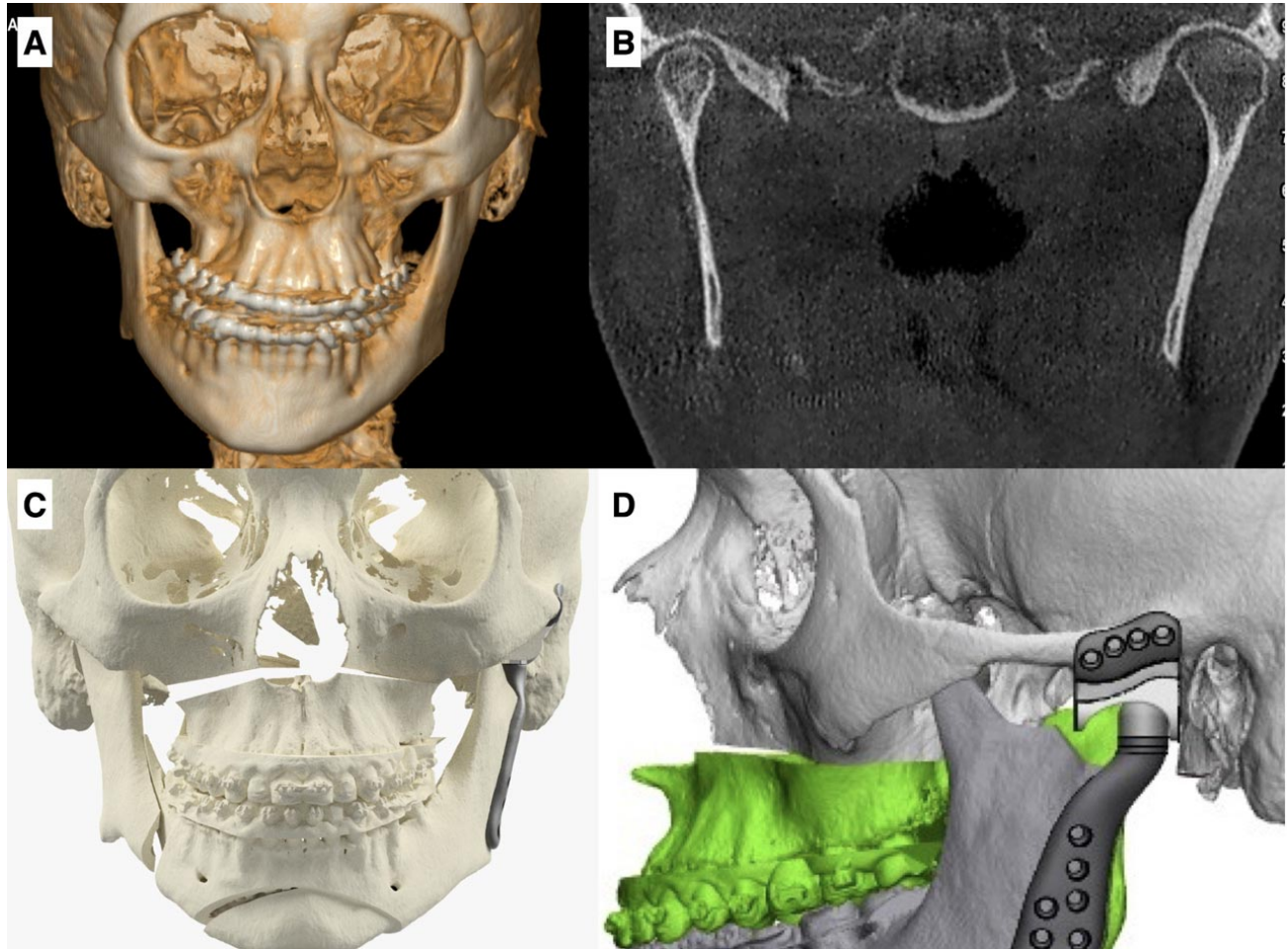


Fig. 1. A. Asimetría facial asociada a crecimiento del cóndilo mandibular izquierdo. B. Imagen tomografía que demuestra condición y diferencias de tamaño entre el cóndilo derecho e izquierdo. C. Diseño de cirugía ortognática y reemplazo de la ATM izquierda debido a la planificación de condilectomía baja. D. Diseño de prótesis de la ATM izquierda.

Casos donde existe trauma severo y secuelas asociadas a fracturas en la ATM, representan una clara indicación para el reemplazo de esta articulación con prótesis (Olate *et al.*, 2021). De igual manera, la reconstrucción en casos con malformaciones como la microsomía hemifacial, el reemplazo de la ATM con prótesis da buenos resultados funcionales y estéticos.

#### Prótesis personalizadas y prótesis estándar

Actualmente se utilizan ambos tipos de prótesis. Existen más de 20 empresas en el mundo con capacidad técnica para la confección de sistemas de prótesis articulares que desarrollan venta en los cinco continentes.

Amabas prótesis se han comparado en diferentes es-

cenarios, observándose que la prótesis estándar tiene un menor precio de venta y tiempo de entrega. Estos argumentos son importantes en la hora de la definición clínica sobre cuál sistema utilizar, así como con la urgencia que se requiera (Fig. 2).

En términos de función postoperatoria, Kanatsios *et al.* (2022) indicaron que no existía diferencias significativas respecto del dolor posterior a la cirugía o la abertura bucal obtenida al comparar ambos sistemas. De igual forma, Carter *et al.* (2022) indicaron que las condiciones postoperatorias de función en casos de prótesis personalizada o prótesis estándar no presentaban diferencias significativas, a excepción de la adopción temprana de dieta.

Una de las diferencias más importantes en la adopción de la prótesis personalizada se centra en las mejoras

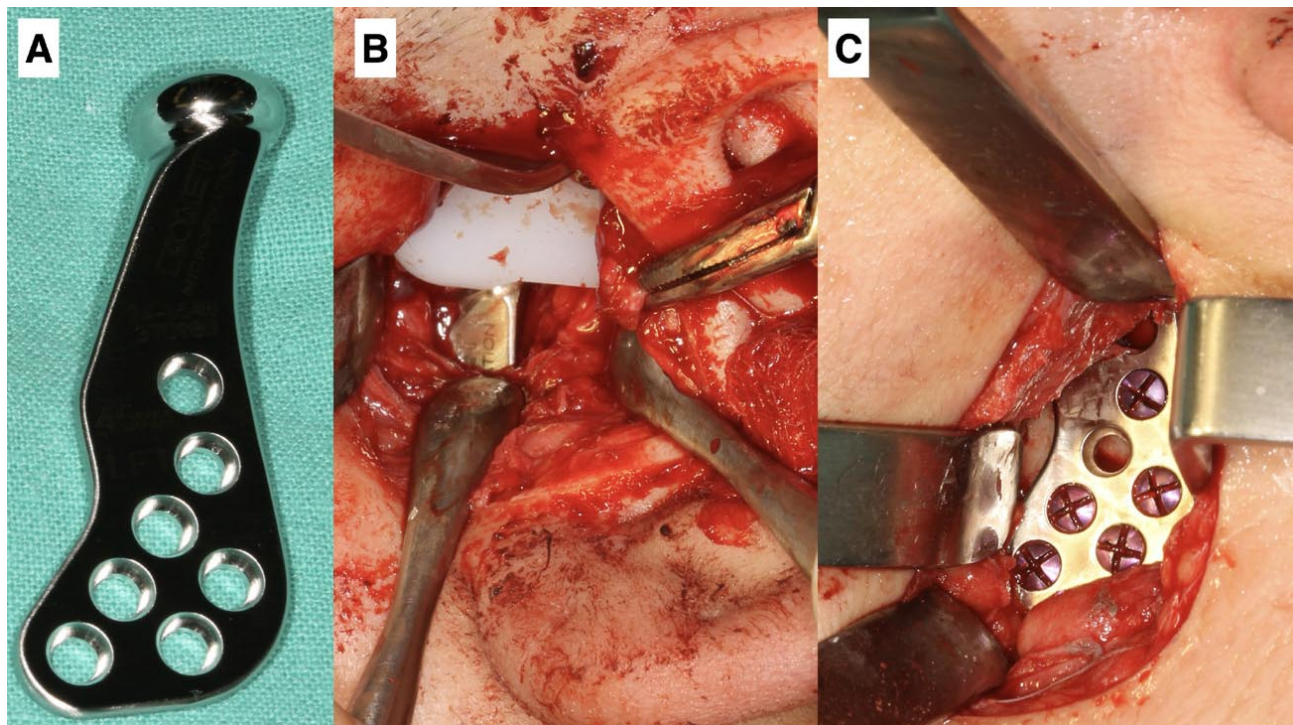


Fig. 2. A. Prótesis estándar de la empresa Biomet utilizada en cirugía de reemplazo articular. B. fosa articular estándar en contacto con elemento condilar. C. Elemento condilar fijado en zona de rama mandibular izquierda.

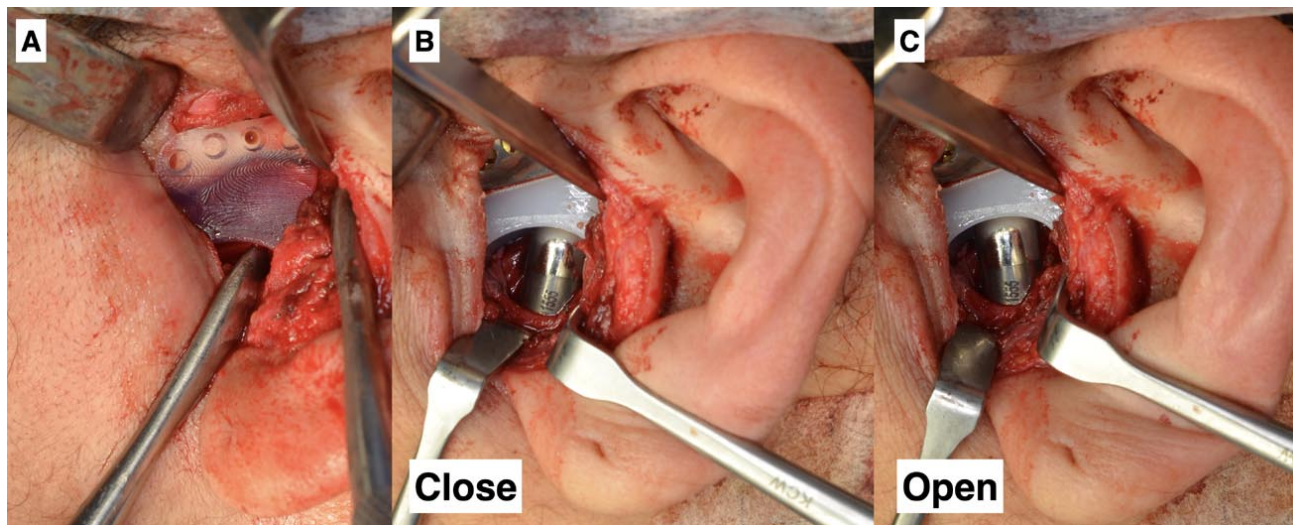


Fig. 3. A. Implante de prueba instalado en zona de fosa mandibular, desarrollado con impresión 3D en base a modelo original de elemento fosa. B. Elemento condilar en posición posterior de la fosa implantada en prueba intraoperatoria de boca cerrada. C. Elemento condilar en trayectoria de movimiento anterior en evaluación intraoperatoria de boca abierta.

de la cirugía. La prótesis personalizada se adapta plenamente a las condiciones anatómicas del local. En el diseño, permite realizar un análisis del movimiento que realizará el elemento condilar y el tipo de fosa adecuada para esta función (Fig. 3). También es posible realizar un análisis acabado de los mejores lugares para la ubicación de tornillos de

fijación y confirmar osteotomías y posiciones de los diferentes elementos protésicos con guías personalizadas de corte y con elementos de prueba a utilizar en la fosa articular y la rama mandibular (Fig. 4).

Además, el encaje entre los diferentes elementos a la condición de la mandíbula y la fosa articular, presenta

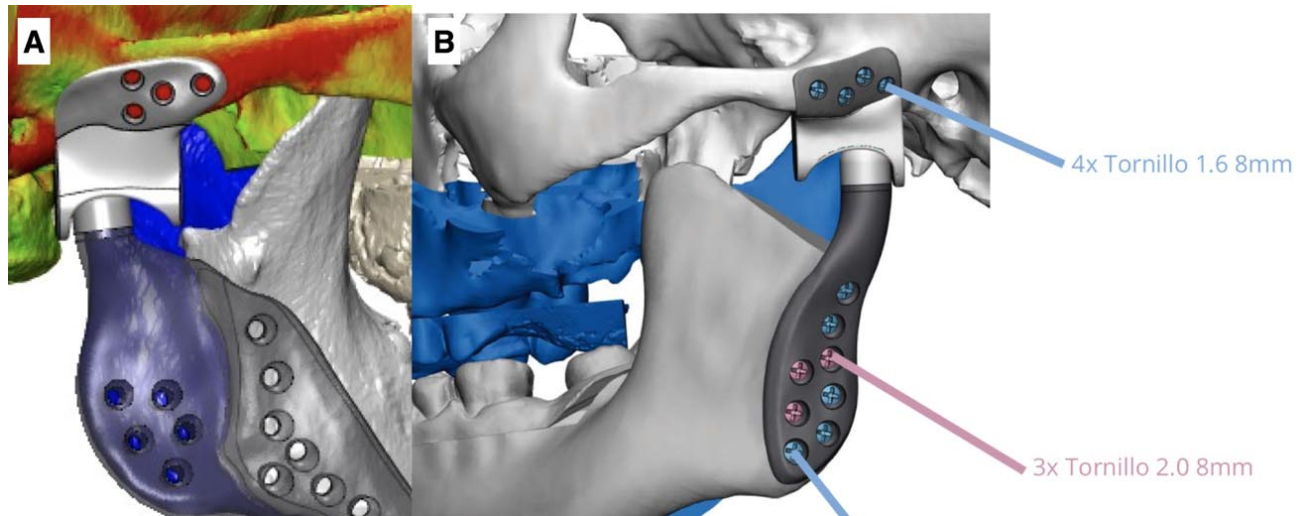


Fig. 4. A. Análisis mediante software especializado por parte del equipo de ingeniería responsable del diseño del sistema de fosa articular, seleccionando el mejor lugar para la fijación con tornillos de osteosíntesis sobre el arco zigomático. B. Definición del tamaño, disposición y angulación de los tornillos de fijación utilizados en el elemento condilar instalado sobre la rama mandibular.

mejor adaptación que en una prótesis estándar, determinando que el tiempo quirúrgico sea menor, lo cual es muy necesario para reducir el tiempo en la sala quirúrgica. Otra condición favorable en el uso de las prótesis personalizadas es que el diseño digital permite interactuar con el diseño de las osteotomías en la cirugía ortognática, realizando un proceso más predecible y eficiente.

## DISCUSIÓN

Durante mucho tiempo, la cirugía de ATM y la cirugía ortognática se realizaron en dos etapas quirúrgicas, pero debido a la planificación virtual e impresión tridimensional se logró optimizar el procedimiento en una etapa, con el objetivo de realizar ambos procedimientos de forma simultánea (Sembronio *et al.*, 2021), siendo factible y beneficiosa, ya que permite realizar una aproximación previa de la intervención quirúrgica y la confección de guías quirúrgicas, lo que disminuye el tiempo clínico (Gomez *et al.*, 2020).

Las prótesis de ATM de fabricación estándar, así como las prótesis personalizadas logran aumentos significativos en la apertura bucal máxima y disminuyen considerablemente el dolor después de la cirugía (Johnson *et al.*, 2017; De Meurechy *et al.*, 2020). Debido a su gran ajuste y ventajas operativas, los implantes específicos se eligen con mayor frecuencia para el reemplazo de ATM, ya que presentan pro-

iedades biocompatibles, resistencia a la fatiga por las fuerzas masticatoria, un desgaste mínimo de la superficie de la articulación, y una precisión absoluta que mejora los resultados clínicos (Mehrotra *et al.*, 2021).

Abramowicz *et al.* (2012), evaluó si una prótesis de ATM estándar podría adaptarse a los modelos de pacientes tratados con prótesis articulares personalizadas indicando que un 23% de las prótesis estándar no pudieron ajustarse; de las prótesis que se pudieron ajustar se tuvo que realizar alteraciones significativas en la base del cráneo o en el hueso condilar con un mínimo de 3 mm de remoción ósea. En sujetos que requieren de una intervención menor y una anatomía próxima a la normal, los sistemas estándar requieren de mayor trabajo intraoperatorio y aumento en los tiempos. La incorporación de cirugía ortognática en pacientes con reemplazo de ATM cada vez es más utilizada debido a los grandes resultados estéticos y funcionales que se pueden lograr en solo un tiempo quirúrgico (Cascone *et al.*, 2018; Chigurupati & Mehra, 2018).

En este sentido, alteraciones morfológicas de la ATM habitualmente se vinculan con alteraciones de la morfología facial, tratados habitualmente con cirugía ortognática. Wolford *et al.* (2012) combinaron la cirugía ortognática y el reemplazo de ATM unilateral en 6 pacientes con microsomía hemifacial, y les realizó un seguimiento de 6 años y 3 meses; ningún sujeto presentó signos de dolor y obtuvieron

una correlación significativa entre la movilidad mandibular y la dieta de los sujetos intervenidos.

La secuencia desarrollada por nuestro grupo incorpora la instalación de la prótesis de ATM uni o bilateral, luego con osteotomía tipo Le Fort I con reposición maxilar y finalmente la genioplastia de ser necesario, obteniendo una línea media normal y una apertura bucal estable y funcional en casos sometidos a la rehabilitación funcional postoperatoria, fundamental en estos procesos.

Nuestra experiencia y el resultado en diversas investigaciones concuerda con el estudio de Humphries *et al.* (2020), el cual mediante prótesis aloplásticas personalizadas de ATM, realizaron dos reemplazos bilaterales y tres unilaterales, combinados con cirugía ortognática, con un seguimiento de 2 años y 15 días; todos los pacientes tuvieron una mejora significativa en su apertura incisal máxima, con un rango de 30 a 40 mm y una mejora en su calidad de vida, tanto funcional como estético. Demostrando que es una técnica con alta estabilidad esquelética, oclusal, de ATM, y una mejora en el equilibrio facial.

En un rango de 12 meses posterior a la cirugía, nuestro equipo no ha observado complicaciones significativas, mostrando resultados predecibles, con gran estabilidad y función, recuperando la simetría facial y ausencia de dolor. Análisis realizados por Gerbino *et al.* (2017) también enfatizan mejoría en la oclusión, los movimientos mandibulares, consistencia de la dieta, estética y calidad de vida.

El seguimiento a largo plazo es necesario, especialmente en pacientes sometidos a reemplazo unilateral de ATM combinada con la cirugía ortognática, donde la ATM no reemplazada puede verse afectada con disfunción de ATM (Al-Moraissi & Wolford, 2017). Mediante un estudio retrospectivo de 70 sujetos, Perez *et al.* (2016) evaluaron el funcionamiento de la articulación contralateral de pacientes sometidos a reemplazo unilateral de ATM y observaron que los sujetos que tenían enfermedad articular o alteraciones discales en la ATM no reemplazada, tenían un 30% de posibilidad de requerir una prótesis total a futuro. Mientras que un 70% de los pacientes que presentaban la ATM sin patología, se mantuvieron así en el tiempo, por lo que es necesario realizar un diagnóstico acabado de ambas ATM con el objetivo de que la articulación que no se interviene quirúrgicamente se mantenga en salud articular.

## CONCLUSIÓN

La prótesis de la ATM y el reemplazo articular es un procedimiento protocolizado, definido, estable y predecible. La indicación responde a criterios que deben ser valorados por especialistas y por pacientes en los más diversos escenarios.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las empresas 3D-Surgery, Brasil (empresa de planificación y desarrollo de cirugía 3D) y a la empresa Artfix, Brasil (empresa dedicada a la producción y desarrollo de soluciones personalizadas y prótesis de ATM).

**OLATE S, RAVELO V, HUENTEQUEO C, UNIBAZO A.** Temporomandibular joint replacement. Criteria for indication and follow-up. *Craniofac Res.* 2022; 1(1):36-44.

**ABSTRACT:** The temporomandibular joint (TMJ) is a complex structure in the craniomaxillo-mandibular area. Its pathological conditions show deficiencies at different levels, leading to the replacement in some cases. The objective of this article is to analyze the current indication, criteria and follow-up conditions of these patients. A narrative review was carried out, identifying the main indications for the use of TMJ prostheses and the evaluation of different criteria currently reported in the international literature; the versatility of using standard prostheses and custom prostheses is also discussed. It is concluded that the replacement of the TMJ show indications and relevant criteria that must be evaluated; getting the most beneficial treatment for our patient should be a primary criterion in controversial indications.

**KEY WORDS:** Temporomandibular joint, prosthesis, orthognathic surgery.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramowicz S, Barbick M, Rose S, Dolwick M. Adaptability of stock TMJ prosthesis to joints that were previously treated with custom joint prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 41(4):518-3. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2011.09.024>
- Al-Moraissi E, Wolford L. Does temporomandibular joint pathology with or without surgical management affect the stability of counterclockwise rotation of the maxillomandibular complex in orthognathic surgery? A systematic review and meta-analysis. *J Oral Maxillofac. Surg.* 2017; 75(4):805-16. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2016.10.034>
- Bach E, Sigaux N, Fauvernier M, Cousin A-S. Reason for failure of total temporomandibular joint replacement: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022; In Press: 7(21):499-45. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2021.12.012>
- Buschang PH, Gandini LG. Mandibular skeletal growth and modelling between 10 and 15 years of age. *Eur J Orthod.* 2002; 24(1):69-10. <https://doi.org/10.1093/ejo/24.1.69>

- Carter MJ, Ellis O, Tocaciu S, McCullough M. A 2-Year comparison of quality of life outcomes between biomet stock and OMX custom temporomandibular joint replacements. *Advan Oral Maxillofac Surg.* 2022; 5:1000221. <https://doi.org/10.1016/j.adoms.2021.100221>
- Cascone P, Vellone V, Ramieri V, Basile E, Tarsitano A, Marchetti C. Reconstruction of the adult hemifacial microsomia patient with temporomandibular joint total joint prosthesis and orthognathic surgery. *Case Rep. Surg.* 2018; 2018:2968983. <https://doi.org/10.1155/2018/2968983>
- Chen X, Wang Y, Mao Y, Zhou Z, Zheng J, Zhen J, Qiu Y, Zhang S, Qin H, Yang CH. Biomechanical evaluation of Chinese customized three-dimensionally printed total temporomandibular joint prostheses: A finite element analysis. *J CranioMaxillofa. Surg.* 2018; 46(9):1561-7. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2018.06.018>
- Chigurupati R, Mehra P. Surgical management of idiopathic condylar resorption: Orthognathic surgery versus temporomandibular total joint replacement. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2018; 30(3):355-12. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2018.05.004>
- De Meurechy N, Mommaerts MY. Alloplastic temporomandibular joint replacement systems: a systematic review of their history. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2018; 47(6):743-54. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.01.014>
- De Meurechy N, Zaror C, Mommaerts M. Total temporomandibular joint replacement: Stick to stock or optimization by customization?. *CranioMaxillofac Trauma Reconstr.* 2020; 13(1):59-11. <https://doi.org/10.1177/1943387520904874>
- Dimitroulis G. A new surgical classification for temporomandibular joint disorders. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 42(2):218-22. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2012.11.004>
- Fariña R, Olate S, Raposo A, raya I, Alister JP, Uribe F. High condylectomy versus proportional condilectomy: is secondary orthognathic surgery necessary?. *Int J oral Maxillofac Surg.* 2016; 45(1):72-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.07.016>
- Gatchel R, Stowell AW, Wildenstein L, Riggs R, Ellis III E. Efficacy of an early intervention for patients with acute temporomandibular disorder-related pain: A one-year outcome study. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137(3):339-8. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0183>
- Gerbino G, Zavattero E, Bosco G, Berrone S, Ramieri G. Temporomandibular joint reconstruction with stock and custom-made devices: Indications and results of a 14-year experience. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2017; 45(10):1710-5. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.07.011>
- Gomez N, Boccalatte L, Lopez Ruiz Á, Nassif M, Figari M, Ritacco L. Total temporomandibular joint replacement and simultaneous orthognathic surgery using computer-assisted surgery. *J Maxillofac Oral Surg.* 2021; 20(3):394-403. <https://doi.org/10.1007/s12663-020-01422-y>
- Hua J, Aziz S, Shum J. Virtual Surgical Planning in Oral and Maxillofacial Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019; 31(4):519-11. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.07.011>
- Huang M, Alfi D, Alfi J, Huang A. The use of patient-specific implants in oral and maxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019; 31(4):593-7. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.07.010>
- Humphries LS, Shakir A, Figueroa AA, Mercuri LG, Dianiskova S, Reid RR, Tragos Ch. Custom alloplastic temporomandibular joint reconstruction: expanding reconstructive horizons. *J Craniofac Surg.* 2020; 31(6):1651-7. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000006595>
- Jing Y, Zhou X, Han X, Jing J, von der Mark K, Wang J, de Crombrughe B., Hinton RJ, Feng JQ. Chondrocytes directly transform into bone cells in mandibular condyle growth. *J Dent Res* 2015; 94(12):1668-75. <https://doi.org/10.1177/0022034515598135>
- Johnson N, Roberts M, Doi S, Batstone M. Total temporomandibular joint replacement prostheses: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 46(1):86-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2016.08.022>
- Kanatsios S, Thomas AM, Tocaciu S. Comparative clinical outcomes between stock vs custom temporomandibular total joint replacement systems. *J CranioMaxillofac Surg.* 2022; 50(4):322-5. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2022.02.003>
- Kaul R, O'Brien M, Dutra E, Lima A, Utreja A, Yadav S. The effect of altered loading on mandibular condylar cartilage. *PLoS One.* 2016; 11(7):e0160121. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160121>
- Kluppel LE, Olate S, Serena-Gomez E, de Moraes M, Fernandes-Moreira RW. Efficacy of eminectomy in the treatment of prolonged mandibular dislocation. *Med Oral Patol oral Cir Bucal.* 2010; 15(6):891-4. <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e891>
- Mayrink G, Olate S, Assis A, Sverzut A, de Moraes M. Recurrent mandibular dislocation treated by eminectomy. *J Craniofac Surg.* 2012; 23(5):516-4. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e31825ab523>
- Mehrotra D, Kumar S, Mehrotra P, Khanna R, Khanna V, Eggbeer D, Evans P. Patient specific total temporomandibular joint reconstruction: A review of biomaterial, designs, fabrication and outcomes. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2021; 11(2):334-9. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.02.014>
- Mehra P, Arya M, Henry CH. Temporomandibular joint condylar oseocondroma: complete condylectomy and joint replacement versus low condylectomy and joint preservation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 74(5):911-25. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.11.028>
- Mercuri LG. Patient-fitted ("custom") alloplastic temporomandibular joint replacement technique. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2011; 19(2):233-42. <https://doi.org/10.1016/j.cxom.2011.05.001>
- Mercuri LG. Alloplastic temporomandibular joint replacement: Rationale for the use of custom devices. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 41(9):1033-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2012.05.032>
- Miguel JAM, Palomares NB, Feu D. Life-quality of orthognathic surgery patients: the search for an integral diagnosis. *Dental Press J Orthod.* 2014; 19(1):123-14. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.1.123-137.sar>
- Olate S, Bahls V, Uribe F, Unibazo A, Martínez F. Patient-specific implant for temporomandibular joint replacement in juvenile arthritis and facial asymmetry. *Ann Maxillofac Surg.* 2020; 10(1):275-3. [https://doi.org/10.4103/ams.ams\\_82\\_19](https://doi.org/10.4103/ams.ams_82_19)
- Olate S, Sigua E, Asprino A, de Moraes M. Complications in orthognathic surgery. *J Craniofac Surg.* 2018; 29(2):158-4. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000004238>
- Olate S, Huentequeo-Molina C, Unibazo A, Alister JP. TMJ replacement following pseudoarthrosis of condylar neck fracture with dislocation of the condylar neck within the infra-temporal fossa. *CranioMaxillofac Trauma Reconstr Open.* 2021; 6:1-6. <https://doi.org/10.1177/24727512211036849>
- Patel K, Gerber B, Bailey K, Saeed NR. Juvenile idiopathic arthritis of the temporomandibular joint – no longer the forgotten joint. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2022; 60(3):247-9. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2021.03.013>
- Perez DE, Wolford LM, Schneiderman E, Movahed R, Bourland C, Gutierrez EP. Does unilateral temporomandibular total joint reconstruction result in contralateral joint pain and dysfunction?. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 74(8):1539-47. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2016.02.009>
- Raffaini M, Arcuri F. Orthognathic surgery for juvenile idiopathic arthritis of the temporomandibular joint: a critical reappraisal based on surgical experience. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022; 51(6):799-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2021.11.005>
- Ravelo V, Olate G, de Moraes M, Garcia GH, Parra M, Olate S. TMJ position in symmetric dentofacial deformity. *J Clin Med.* 2022; 11(3):3631. <https://doi.org/10.3390/jcm11133631>



- Resnick CM, Frid P, Norholt SE, Stoustrup P, Peacock ZS, Kaban L, Pedersen TK, Abramowicz S. An algorithm for management of dentofacial deformity resulting from juvenile idiopathic arthritis: results of a multinational consensus conference. *J Oral Maxillofac Surg.* 2019; 77(6):1152.e1-33. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2019.02.014>
- Sembronio S, Tel A, Robiony M. Protocol for fully digital and customized management of concomitant temporomandibular joint replacement and orthognathicsurgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021; 50(2):212-219. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.04.004>
- Stowell AW, Gatchel RJ, Wildenstein. Cost-effectiveness of treatments for temporomandibular disorders biopsychosocial intervention versus treatment as usual. *J Am Dent Assoc.* 2007; 138(2):202-8. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0137>
- Swennen G, Mollemans W, Schutyser F. Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67(10):2080-12. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.06.007>
- Thiem D, Al-Nawas B, Kämmerer P. Ankylosis of the temporomandibular joint—impression free CAD/CAM based joint replacement using patient-specific implants. *J Surg Case Rep.* 2020; 2020(10):rjaa416. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjaa416>
- Vignesh U, Mehrotra D, Bhave S, Katrolia R, Sharma S. Finite element analysis of patient-specific TMJ implants to replace bilateral joints with simultaneous correction of facial deformity. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020; 10(4):674-9. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.07.013>
- Wolford LM, Bourland TC, Rodrigues D, Perez DE, Limoeiro E. Successful reconstruction of nongrowing hemifacial microsomia patients with unilateral temporomandibular joint total joint prosthesis and orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 70(12):2835-53. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2012.02.010>
- Wolford LM, Mercuri LG, Schneiderman ED, Movahed R, Allen W. Twenty-year follow-up study on a patient-fitted temporomandibular joint prosthesis: the Techmedica/TMJ Concepts device. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015 ;73(5):952-60. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2014.10.032>