

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA CON MODELOS 3D EN CRANEOSINOSTOSIS COMPLEJA: UN CASO CLÍNICO

SURGICAL PLANNING WITH THREE-DIMENSIONAL MODELS IN COMPLEX CRANIOSYNOSTOSIS: A CASE REPORT

Pedro Gómez Pimentel

Universidad Nacional Autónoma de México

Verónica Martínez Zerón

Hospital Juárez de México

Fernando Chico Ponce de León

Hospital Infantil de México Federico Gómez

Luis Felipe Gordillo Dominguez

Hospital Infantil de México Federico Gómez

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18769

Planificación Quirúrgica con Modelos 3D en Craneosinostosis Compleja: Un Caso Clínico

Pedro Gómez Pimentel¹drpedro.gomezp@gmail.com<https://orcid.org/0009-0006-9133-7523>

Hospital General de México

Universidad Nacional Autónoma de México
México**Verónica Martínez Zerón**dra.veronica.vmz@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-2621-8708>

Hospital Juárez de México

México

Fernando Chico Ponce de Leónchico1204@prodigy.net.mx<https://orcid.org/0000-0003-1649-1759>Hospital Infantil de México Federico Gómez
México**Luis Felipe Gordillo Dominguez**gordillonqx62@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0003-2567-1919>Hospital Infantil de México Federico Gómez
México

RESUMEN

Introducción: Las craneosinostosis complejas no sindrómicas representan un desafío quirúrgico significativo por su presentación asimétrica, riesgo de hipertensión endocraneana y alta tasa de reintervención. La planificación quirúrgica asistida por modelos tridimensionales (3D) ha emergido como una herramienta valiosa en estos casos. **Objetivo:** Describir el uso de un modelo 3D para la planificación quirúrgica en una paciente pediátrica con craneosinostosis compleja no sindrómica, y sus beneficios en términos de precisión, seguridad y resultados posoperatorios. **Métodos:** Se presenta el caso de una paciente de 2 años y 7 meses con reestenosis craneal tras cirugía previa. Se utilizó un modelo 3D a escala real, fabricado en poliamida, para planificar la técnica de transposición de parietales descrita por Gordillo. Los cortes fueron realizados preoperatoriamente, y las plantillas fueron esterilizadas y empleadas intraoperatoriamente. **Resultados:** La cirugía se realizó sin complicaciones, con un tiempo operatorio de 4 horas y 20 minutos y sangrado mínimo. La reconstrucción tomográfica posoperatoria fue prácticamente idéntica al modelo planificado. **Conclusión:** La planificación quirúrgica con modelos 3D mejora la precisión, reduce los riesgos y optimiza los resultados en la corrección de craneosinostosis complejas. Su uso debe considerarse estándar en casos con anatomía irregular o antecedentes de cirugía previa.

Palabras clave: craneosinostosis compleja, modelos tridimensionales, planificación quirúrgica, cirugía craneofacial, pediatría neuroquirúrgica

¹ Autor principal.

Correspondencia: drpedro.gomezp@gmail.com

Surgical Planning With Three-Dimensional Models in Complex Craniosynostosis: A Case Report

ABSTRACT

Introduction: Nonsyndromic complex craniosynostosis poses a significant surgical challenge due to asymmetrical skull deformities, increased risk of intracranial hypertension, and frequent need for reoperation. Three-dimensional (3D) surgical planning has emerged as a valuable tool in these complex cases. **Objective:** To describe the use of a 3D model for surgical planning in a pediatric patient with nonsyndromic complex craniosynostosis, and to assess its impact on surgical accuracy, safety, and postoperative outcomes. **Methods:** We present the case of a 2-year-7-month-old female patient with cranial restenosis after previous surgery. A life-size 3D model made of polyamide was used to preoperatively plan a parietal transposition technique described by Gordillo. Bone cuts were performed in advance and templates were sterilized and used intraoperatively. **Results:** The surgery was completed without complications, with a total duration of 4 hours and 20 minutes and minimal bleeding. Postoperative 3D imaging confirmed a nearly identical result to the preoperative model. **Conclusion:** 3D surgical planning enhances precision, reduces intraoperative risks, and optimizes outcomes in the correction of complex craniosynostosis. Its use should be considered standard in anatomically challenging or previously operated cases.

Keywords: complex craniosynostosis, three-dimensional models, surgical planning, craniofacial surgery, pediatric neurosurgery

Artículo recibido 16 mayo 2025

Aceptado para publicación: 20 junio 2025



INTRODUCCIÓN

Las craneosinostosis complejas no sindrómicas se definen como la fusión prematura de múltiples suturas craneales, sin manifestaciones clínicas o genéticas que permitan clasificarlas dentro de un síndrome conocido, diferenciándose así de las formas simples (que afectan solo una sutura) y de las formas sindrómicas (asociadas a anomalías extracraneales o mutaciones específicas) [1–4]. Clínicamente, estas formas presentan deformidades craneales más severas y asimétricas, con mayor riesgo de complicaciones neurológicas como hipertensión intracraneal y malformaciones de Chiari, especialmente cuando se afecta la sutura lambdoidea [1–2]. A diferencia de las formas sindrómicas, en las no sindrómicas no suelen identificarse mutaciones en genes comúnmente asociados a craneosinostosis, como los genes del receptor del factor de crecimiento de fibroblastos (FGFR) o el gen TWIST1, aunque pueden existir variantes genéticas menos frecuentes o polimorfismos hereditarios [4]. El tratamiento de estas formas complejas requiere un enfoque quirúrgico individualizado, que frecuentemente implica múltiples procedimientos y seguimiento prolongado, debido a la elevada tasa de reintervenciones y a la posibilidad de alteraciones en el desarrollo del cráneo y del sistema nervioso [1–2][5]. Los pacientes con antecedentes familiares, especialmente de primer grado, tienen mayor predisposición, lo que sugiere un componente genético relevante incluso en los casos no sindrómicos [6–7]. La afectación de múltiples suturas sin criterios sindrómicos representa solo entre el 3 y 4 % de los casos tratados quirúrgicamente [8–9]. En particular, la afectación de la sutura lambdoidea en conjunto con otras suturas se asocia con mayor riesgo de complicaciones neurológicas, retraso en el desarrollo y una posible carga genética aún no identificada [4], sin predilección por un sexo específico y con mayor frecuencia en pacientes con hermanos afectados [1][3][4].

El uso de plantillas y modelos tridimensionales ha transformado el abordaje quirúrgico, permitiendo la planificación virtual previa a la cirugía mediante técnicas de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM, por sus siglas en inglés), lo que mejora la precisión en los cortes óseos, el posicionamiento de los segmentos craneales y los resultados estéticos, además de reducir el tiempo quirúrgico, el sangrado, la necesidad de transfusiones y la estancia hospitalaria [10–17].



Estas herramientas también facilitan la comunicación entre el equipo quirúrgico y las familias, mejorando el proceso de consentimiento informado [11][14][18]. Su adopción se ha incrementado debido a su bajo costo y mayor disponibilidad [14][18].

Las plantillas tridimensionales se fabrican principalmente con materiales poliméricos como la poliamida (por ejemplo, PA2200), utilizando tecnologías como el sinterizado selectivo por láser, debido a su resistencia mecánica y facilidad de impresión [19–20]. La literatura indica que su uso es seguro, sin eventos adversos atribuidos a la propia tecnología, y con beneficios documentados en la reducción de complicaciones, variabilidad técnica y duración de la cirugía [21–26]. No obstante, los riesgos generales de la cirugía de craneosinostosis —como infecciones, sangrado, complicaciones de la herida o resultados estéticos subóptimos— siguen presentes y no se eliminan únicamente por el uso de estas plantillas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se presenta el caso de una paciente femenina de 2 años y 7 meses de edad, con diagnóstico de craneosinostosis compleja no sindrómica. La paciente fue diagnosticada y operada a los 3 meses de edad mediante remodelación craneal utilizando la técnica de Marchac, con seguimiento semestral posterior. A los 2 años y 3 meses, se observó una deformación craneal asimétrica, con tendencia hacia la braquitturicefalia. Durante el período comprendido entre los 2 años y 3 meses y los 2 años y 7 meses, no hubo aumento en el perímetro cefálico, con la última medición situada en -2.5 desviaciones estándar. Además, se presentó retraso en el neurodesarrollo, especialmente en el área del lenguaje.

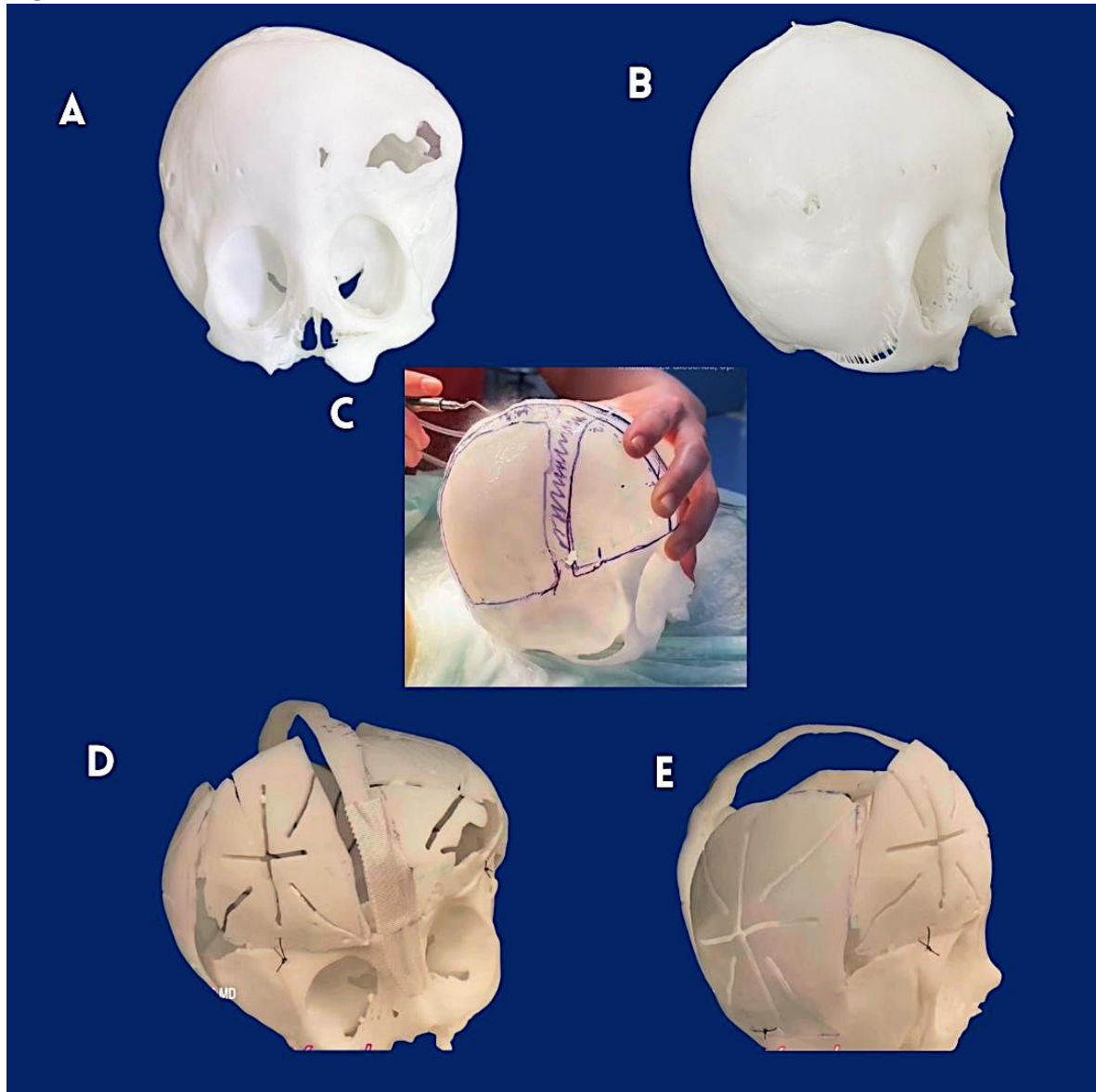
Se realizó una tomografía de cráneo simple con reconstrucción tridimensional, que evidenció reestenosis y la presencia de lagunas craneales, indicativos de hipertensión endocraneana crónica. Ante estos hallazgos, se planeó una intervención quirúrgica basada en la técnica de transposición de parietales descrita por Gordillo, con el objetivo de preservar el hueso a nivel del seno sagital superior y protegerlo de posibles daños.

Debido a la asimetría craneal, se optó por planificar la cirugía utilizando un modelo tridimensional, realizado con la última tomografía de la paciente. Este modelo se confeccionó a escala 1:1 con poliamida, material que permitió una representación precisa de la anatomía craneal.



Los cortes necesarios para la técnica de transposición de parietales se realizaron con un craneotomo preoperatorio 72 horas antes de la intervención (Figura 1). Se montaron los segmentos para visualizar un resultado preliminar, y posteriormente, los mismos segmentos fueron esterilizados mediante plasma, sin que se alterara la forma de las plantillas.

Figura 1

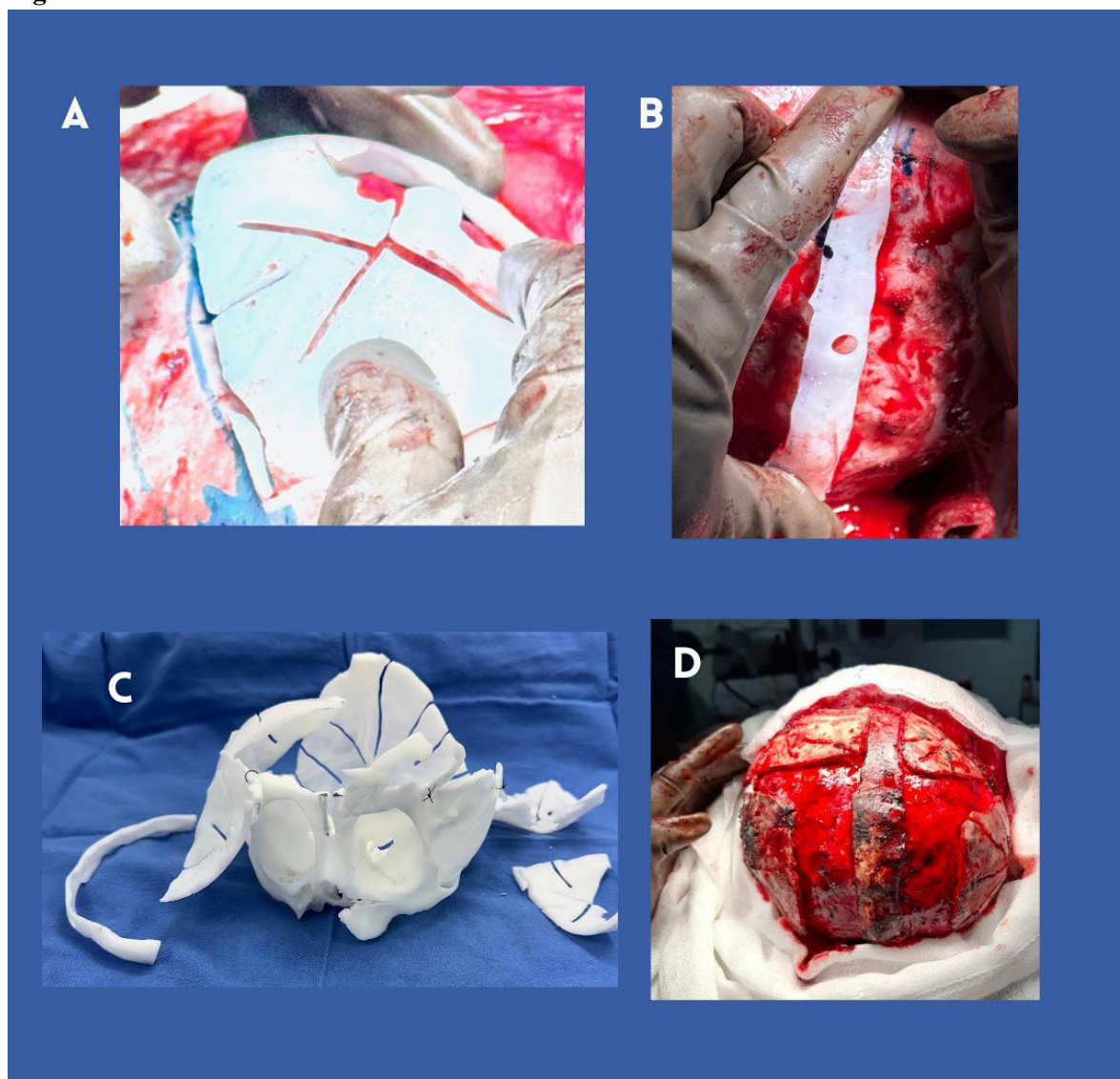


A. Vista anterior de modelo con impresión 3D escala 1 a 1 donde se observa aumento de volumen frontal izquierdo que condiciona asimetría. B. Vista oblicua lateral derecha del modelo con impresión 3D donde se evidencia persistencia de braquicefalia. C. Planeación quirúrgica mediante cortes con craneotomo en modelo 3D. D y E. Vistas anterior y oblicua con montaje de los segmentos de osteotomías con técnica de transposición de parietales.

RESULTADOS

La intervención quirúrgica se llevó a cabo utilizando las plantillas preoperativas y marcando con azul de metileno, sin complicaciones (Figura 2). El tiempo quirúrgico total fue de 4 horas y 20 minutos, con un sangrado de 80 cc. Finalmente, se realizó un control tomográfico tridimensional posquirúrgico inmediato, corroborando que el resultado era casi idéntico al planificado en el modelo tridimensional. (Figura 3). Este enfoque permitió una cirugía más precisa y personalizada, asegurando un resultado satisfactorio en el manejo de la craneosinostosis compleja en la paciente (Figura 4).

Figura 2



A Y B: colocación de las plantillas obtenidas del modelo 3D para marcar las osteotomias de acuerdo a la planeación. C. Modelo 3D esterilizado usado durante la cirugía en el cual se observa además la planeación de osteotomias en occipital. D. Vista superior de la remodelación craneal.

Figura 3. Reconstrucción tridimensional tomográfica preoperatoria (izquierda) y postoperatoria inmediata (derecha).



Figura 4. Resultado preoperatorio (izquierda) y postoperatorio (derecha).



CONCLUSIÓN

La planeación quirúrgica con modelos tridimensionales no solo facilita la ejecución de procedimientos quirúrgicos, sino que se vuelve esencial en casos complejos como la craneosinostosis, especialmente cuando se presentan alteraciones de asimetría craneal. Estos modelos permiten una visualización precisa de la anatomía del paciente, lo que favorece la toma de decisiones y mejora los resultados postquirúrgicos. En el contexto de la craneosinostosis compleja, la planificación detallada y personalizada es crucial para garantizar la preservación de estructuras vitales, evitar complicaciones y optimizar el tiempo quirúrgico. Por lo tanto, es imperativo que toda cirugía de esta índole sea meticulosamente planeada, con el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, para ofrecer el mejor cuidado y resultados para los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Czerwinski, M., Kolar, J. C., & Fearon, J. A. (2011). Complex craniosynostosis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(4), 955–961. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3182268ca6>
2. Chumas, P. D., Cinalli, G., Arnaud, E., Marchac, D., & Renier, D. (1997). Classification of previously unclassified cases of craniosynostosis. *Journal of Neurosurgery*, 86(2), 177–181. <https://doi.org/10.3171/jns.1997.86.2.0177>
3. Lattanzi, W., Bukvic, N., Barba, M., et al. (2012). Genetic basis of single-suture synostoses: Genes, chromosomes and clinical implications. *Child's Nervous System*, 28(9), 1301–1310. <https://doi.org/10.1007/s00381-012-1781-1>
4. Shimizu, A., Komuro, Y., Miyajima, M., & Arai, H. (2012). Familial nonsyndromic craniosynostosis with specific deformity of the cranium. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 10(6), 560–564. <https://doi.org/10.3171/2012.8.PEDS1259>
5. Greene, A. K., Mulliken, J. B., Proctor, M. R., Meara, J. G., & Rogers, G. F. (2008). Phenotypically unusual combined craniosynostoses: Presentation and management. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 122(3), 853–862. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e31817f45f0>
6. Greenwood, J., Flodman, P., Osann, K., Boyadjiev, S. A., & Kimonis, V. (2014). Familial incidence and associated symptoms in a population of individuals with nonsyndromic craniosynostosis. *Genetics in Medicine*, 16(4), 302–310. <https://doi.org/10.1038/gim.2013.134>
7. Kalantar-Hormozi, H., Abbaszadeh-Kasbi, A., Sharifi, G., Davai, N. R., & Kalantar-Hormozi, A. (2019). Incidence of familial craniosynostosis among patients with nonsyndromic craniosynostosis. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 30(6), e514–e517. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005419>
8. García-Mato, D., Ochandiano, S., García-Sevilla, M., et al. (2019). Craniosynostosis surgery: Workflow based on virtual surgical planning, intraoperative navigation and 3D printed patient-specific guides and templates. *Scientific Reports*, 9(1), 17691. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54148-4>



9. Marques, M. A., Purnell, C. A., Zhao, L., Patel, P. K., & Alkureishi, L. W. T. (2023). Patient-specific composite anatomic models: Improving the foundation for craniosynostosis repair. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 34(3), 1078–1081.
<https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009182>
10. Lehner, M., Wendling-Keim, D., Kunz, M., et al. (2020). On-site CAD templates reduce surgery time for complex craniostenosis repair in infants: A new method. *Child's Nervous System*, 36(4), 793–801. <https://doi.org/10.1007/s00381-019-04474-9>
11. Bowen, L., Benech, R., Shafi, A., et al. (2020). Custom-made three-dimensional models for craniosynostosis. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 31(1), 292–293.
<https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005927>
12. Soldozy, S., Yağmurlu, K., Akyeampong, D. K., et al. (2021). Three-dimensional printing and craniosynostosis surgery. *Child's Nervous System*, 37(8), 2487–2495.
<https://doi.org/10.1007/s00381-021-05133-8>
13. Mardini, S., Alsubaie, S., Cayci, C., Chim, H., & Wetjen, N. (2014). Three-dimensional preoperative virtual planning and template use for surgical correction of craniosynostosis. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(3), 336–343.
<https://doi.org/10.1016/j.bjps.2013.11.004>
14. Khechoyan, D. Y., Saber, N. R., Burge, J., et al. (2014). Surgical outcomes in craniosynostosis reconstruction: The use of prefabricated templates in cranial vault remodelling. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(1), 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.bjps.2013.09.009>
15. Ni, J., Yang, B., & Li, B. (2017). Reconstructive operation of nonsyndromic multiple-suture craniosynostosis based on precise virtual plan and prefabricated template. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 28(6), 1541–1542. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000003784>
16. Alshomer, F., AlFaqeeh, F., Alariefy, M., Altweijri, I., & Alhumsi, T. (2019). Low-cost desktop-based three-dimensional-printed patient-specific craniofacial models in surgical counseling, consent taking, and education of parents of craniosynostosis patients: A comparison



- with conventional visual explanation modalities. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 30(6), 1652–1656. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000005401>
17. Ghizoni, E., de Souza, J. P. S. A. S., Raposo-Amaral, C. E., et al. (2018). 3D-printed craniosynostosis model: New simulation surgical tool. *World Neurosurgery*, 109, 356–361. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.10.025>
 18. Clegg, D. J., Deek, A. J., Blackburn, C., Scott, C. A., & Daggett, J. R. (2024). The use and outcomes of 3D printing in pediatric craniofacial surgery: A systematic review. *The Journal of Craniofacial Surgery*. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009981>
 19. Soleman, J., Thieringer, F., Beinemann, J., Kunz, C., & Guzman, R. (2015). Computer-assisted virtual planning and surgical template fabrication for frontoorbital advancement. *Neurosurgical Focus*, 38(5), E5. <https://doi.org/10.3171/2015.3.FOCUS14852>
 20. Lethaus, B., Gruichev, D., Gräfe, D., et al. (2021). "Black bone": The new backbone in CAD/CAM-assisted craniosynostosis surgery? *Acta Neurochirurgica*, 163(6), 1735–1741. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04445-z>
 21. Clegg, D. J., Deek, A. J., Blackburn, C., Scott, C. A., & Daggett, J. R. (2024). The use and outcomes of 3D printing in pediatric craniofacial surgery: A systematic review. *The Journal of Craniofacial Surgery*. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009981>
 22. Soleman, J., Thieringer, F., Beinemann, J., Kunz, C., & Guzman, R. (2015). Computer-assisted virtual planning and surgical template fabrication for frontoorbital advancement. *Neurosurgical Focus*, 38(5), E5. <https://doi.org/10.3171/2015.3.FOCUS14852>
 23. Lehner, M., Wendling-Keim, D., Kunz, M., et al. (2020). On-site CAD templates reduce surgery time for complex craniostenosis repair in infants: A new method. *Child's Nervous System*, 36(4), 793–801. <https://doi.org/10.1007/s00381-019-04474-9>
 24. Lethaus, B., Gruichev, D., Gräfe, D., et al. (2021). "Black bone": The new backbone in CAD/CAM-assisted craniosynostosis surgery? *Acta Neurochirurgica*, 163(6), 1735–1741. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04445-z>



25. García-Mato, D., Ochandiano, S., García-Sevilla, M., et al. (2019). Craniosynostosis surgery: Workflow based on virtual surgical planning, intraoperative navigation and 3D printed patient-specific guides and templates. *Scientific Reports*, 9(1), 17691. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54148-4>
26. Khechoyan, D. Y., Saber, N. R., Burge, J., et al. (2014). Surgical outcomes in craniosynostosis reconstruction: The use of prefabricated templates in cranial vault remodelling. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(1), 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2013.09.009>
27. Gordillo Domínguez, L. F., Andrade Delgado, L., & Gordillo Andrade, L. F. (2015). Alternativas de manejo quirúrgico temprano y tardío de la escafocefalia. *Cirugía Plástica*, 25(2), 56–66. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/cplast/cp-2015/cp152b.pdfmedigraphic.com>

