



EVALUACIÓN RADIOLÓGICA DE LA EXPANSIÓN DE LA BÓVEDA CRANEAL POSTERIOR EN CRANEOSINOSTOSIS

María I. Martínez León¹, Bienvenido Ros², Francisco Ruiz Delgado³, Sara Iglesias², Rocío Rodríguez Ortega¹

¹ Radiología Pediátrica. Hospital Materno Infantil del Hospital Regional Universitario (HRU) de Málaga

² Neurocirugía Pediátrica. Hospital Materno Infantil del HRU de Málaga

³ Cirugía Maxilofacial Infantil. Hospital Materno Infantil del HRU de Málaga



Introducción: generalidades

1 Generalidades

La expansión craneal es el tratamiento de las dismorfologías óseas de la calota.

Las diferentes técnicas quirúrgicas descritas pretenden conseguir el aumento de volumen de la cavidad intracraneal con el fin de prevenir o tratar la HTIC.

La HTIC, es un problema complejo que requiere en ocasiones varios procedimientos quirúrgicos para la corrección exitosa.

Los factores implicados en el manejo quirúrgico del paciente con craneosinostosis son:

1. Aumento de la presión intracraneal (HTIC) traducido clínicamente de forma habitual con cefalea
2. Trastornos visuales por compresión del nervio óptico
3. Trastornos respiratorios (apnea del sueño por retrusión del tercio medio)
4. Afectación cosmética

La expansión de la bóveda craneal posterior (PCVE) progresiva mediante la utilización de resortes (preconizada por Lauritzen y col) ha demostrado ser un método efectivo para obtener un aumento del volumen intracraneal con una remodelación ósea satisfactoria y estable. La separación gradual de los segmentos de la sutura ostectomizada permite un avance progresivo del cerebro. El crecimiento cerebral que acompaña a la expansión posterior ayuda a evitar el colapso óseo manteniendo la estabilidad del resultado.

La expansión posterior proporciona un aumento del volumen intracraneal mayor al obtenido mediante la expansión anterior.

La ley de Virchow aplicada a esta patología describe que la restricción del crecimiento craneal ocurre en el plano paralelo a la sutura prematura y patológicamente cerrada, y el aumento del crecimiento acontece en el plano perpendicular.

El momento en que ha de realizarse la cirugía no está definido. Debe existir balance entre la cirugía temprana que permita el correcto desarrollo neurológico, y tardía para conseguir el adecuado grosor de la calota. El periodo entre 6 y 12 meses parece ser el óptimo para prevenir el deterioro neurológico y permitir el correcto crecimiento y desarrollo morfológico óseo del cráneo.

2 Sobre las suturas

Solo la sutura metópica se fusiona antes de los 9 meses, el resto de suturas se cierra de forma más tardía.

La sutura más afecta en la craneosinostosis es la SAGITAL (60%), seguida de las suturas CORONAL (20%) y METÓPICA (15%)

Anatomopatológicamente existen dos tipos de osificación:

- Intramembranosa, sin cartílago intermedio (en la sutura parietal)
- Encondral (en la sutura occipital)



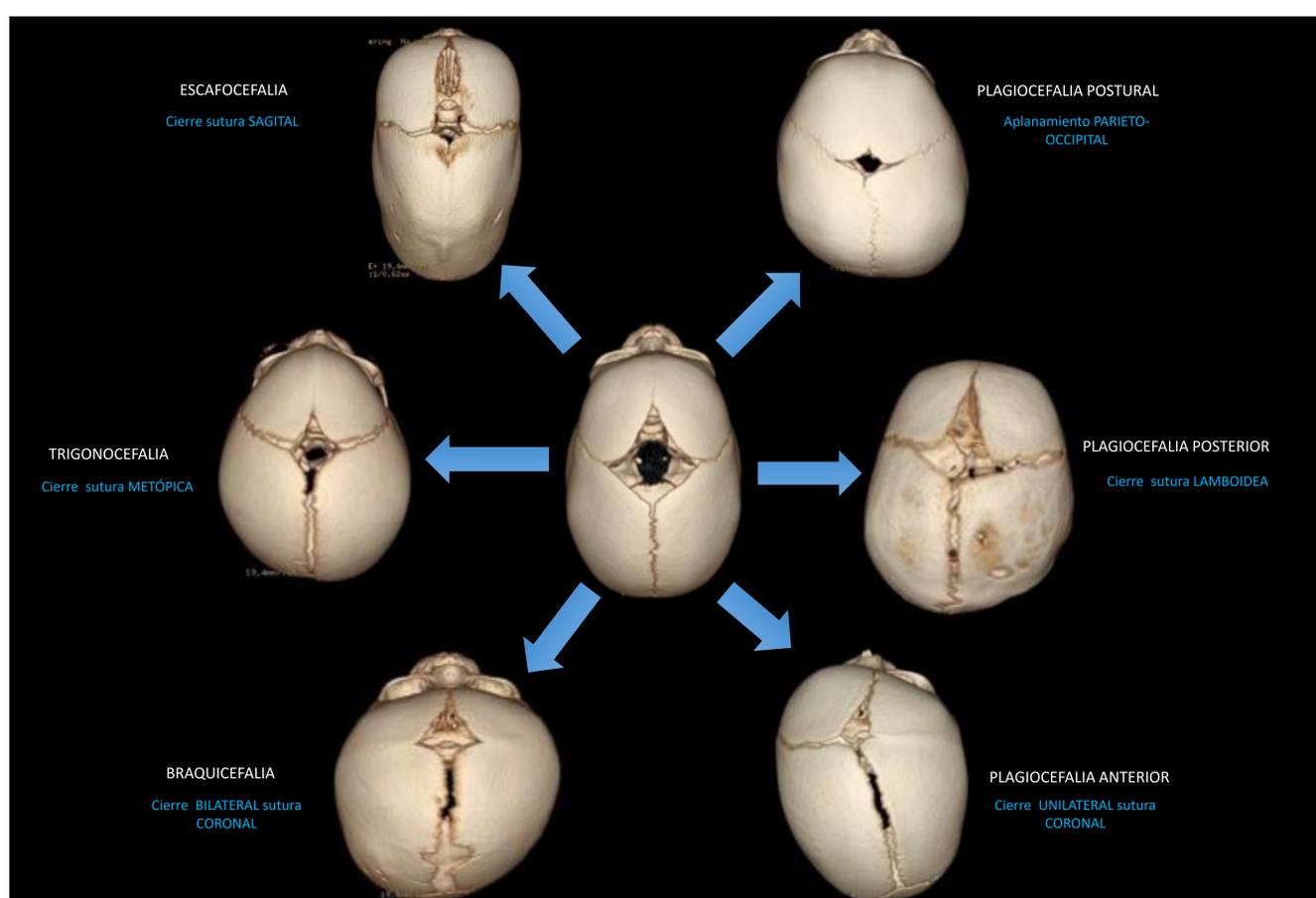
Introducción: terminología

3 Craneosinostosis, Craneostenosis, Facio-craneosinostosis

Todos los términos son sinónimos.

Corresponden a cierre precoz de suturas craneales, patológico.

Para una explicación rápida, fácil y gráfica de las formas de presentación de craneosinostosis y su denominación, se remite a la presentación power point en *Radiographics* 2021, doi: [10.1148/rq.2021200127](https://doi.org/10.1148/rq.2021200127)



A este cuadro se añaden:

TURRICEFALIA: cierre precoz de varias suturas con forma braquicefálica porque la sutura prínceps cerrada es coronal, “forma de torre”

OXICEFALIA: cierre precoz de varias suturas, generalmente coronal y sagital, adopta “forma de cono”, crece por fontanela anterior

4 Craneosinostosis no sindrómica (85%) / Craneosinostosis sindrómica (15%)

La craneosinostosis puede encontrarse en contexto de pacientes sindrómicos (Apert, Crouzon, Pfeiffer, Seathre-Chotzen, Jackon-Weiss, Kleeblattschadel, Shprintzen-Goldberg, Goldenhar, Muenke, entre otros) o no estar asociada a síndromes.

5 Craneosinostosis unisutura (75%) / Craneosinostosis multisutura (25%)

La craneosinostosis puede afectar a una sola sutura o a múltiples.

La afectación multisutural suele ser sindrómica.

6 Distracción osteogénica

Expansión craneal posterior con resorte: Expansión pasiva / Expansión activa gradual

7 Re-sinostosis / Re-estenosis

Cierre patológico de una sutura previamente intervenida.

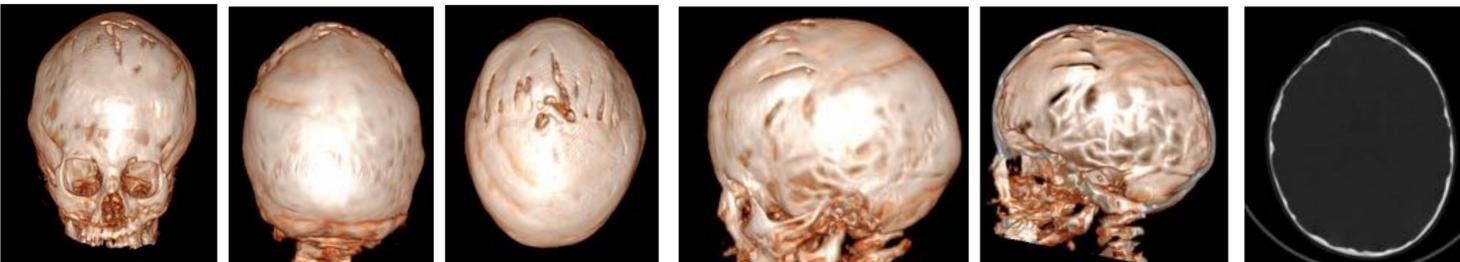


Una historia radiológica de craneosinostosis y reparación quirúrgica

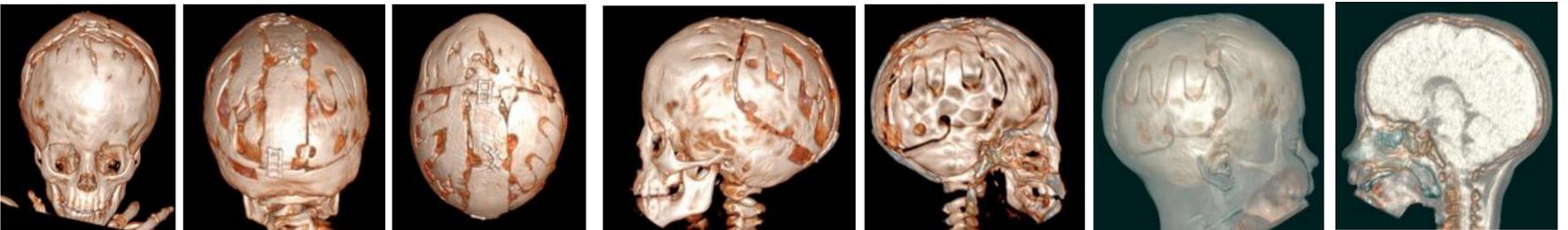
2014, 4 meses.
TC diagnóstico.
Craneosinostosis Síndrónica.
Cromosopatía: pérdida en mosaico 14q11.2q13.1
Tipo **TRIGONOCEFALIA**,
cierre sutura metópica.
Se interviene, 1ª cirugía.
(Cirugía en la era "pre-distracción")



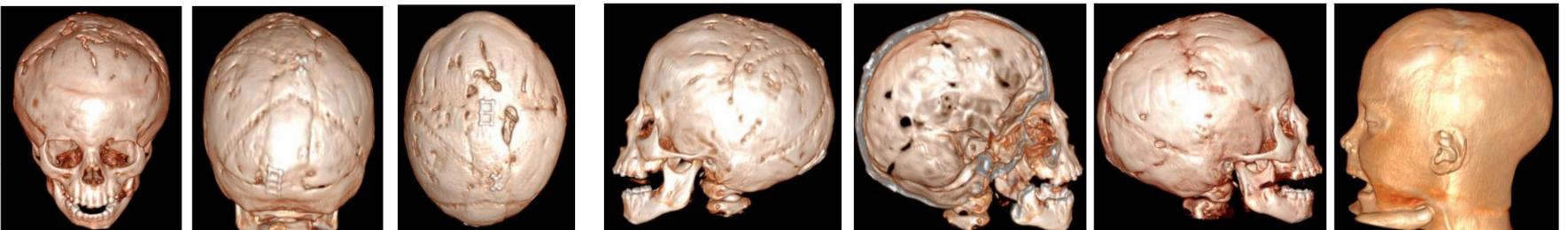
2017, 3 años.
TC control por HTIC.
Re-estenosis metacrónica precoz.
Se interviene, 2ª cirugía.



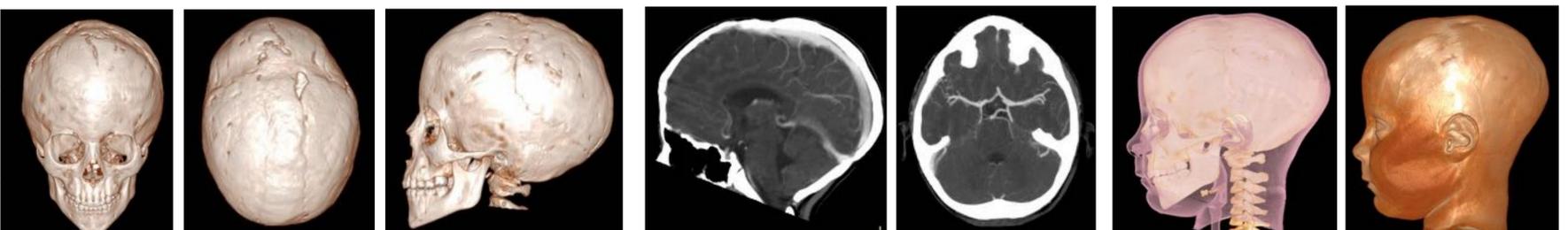
2018, 4 años.
TC control que muestra la **expansión craneal** conseguida tras la 2ª cirugía



2019, 5 años.
TC para valoración de fusión, previo a retirada de material de titanio



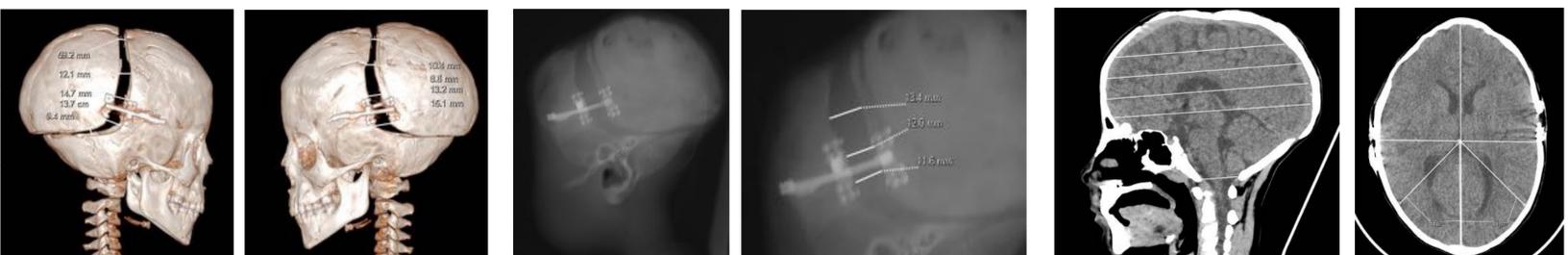
2021, 7 años.
TC previo a 3ª cirugía de **re-expansión** por HTIC.
AngioTC venoso prequirúrgico



2021, 8 años.
RX oblicua derecha e izquierda y anteroposterior tras 3ª cirugía PCVE con distractores osteogénicos



2021, 8 años.
TC tras PCVE con distractores osteogénicos



Diferentes técnicas de imagen para valoración radiológica de la craneosinostosis pre y postquirúrgica:

- TC volumétrico con reconstrucción multiplanar (MPR), máxima intensidad proyección (MIP), mínima intensidad proyección (mIP), reconstrucción 3D ventana ósea, ventana partes blandas, ventana "fotográfica"
- AngioTC venoso reconstruido
- Radiografía simple, varias proyecciones
- RM para valoración de datos de HTIC

Datos valorados en este paciente:

Tipo de craneosinostosis, imagen de cráneo lacunar, grosor de calota en área de colocación de distractores, localización de vasos en área quirúrgica, medición de la apertura ósea tras la distracción posterior, magnificación de los distractores y apertura, mediciones intracraneales, posición amigdalal, tamaño ventricular, agujeros ópticos, entre otros.



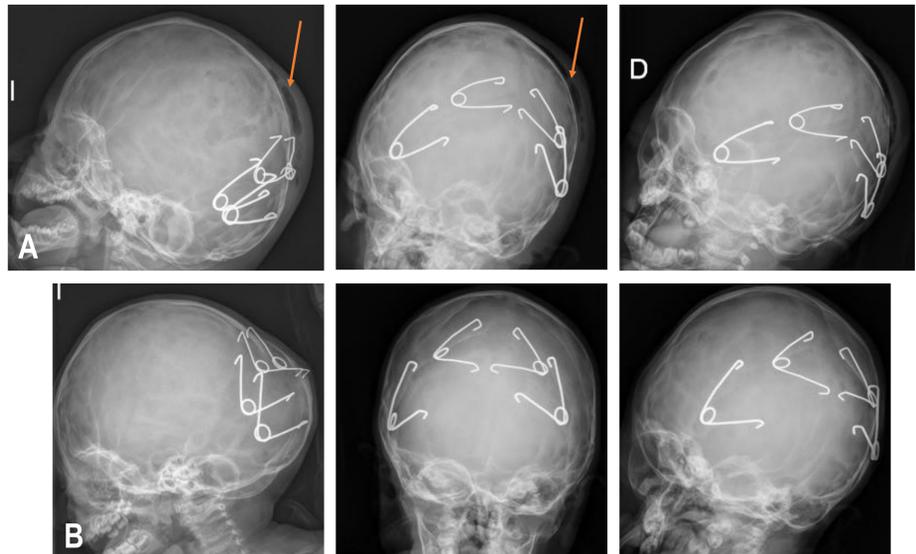
Técnicas de estudio radiológico

1. Radiografía

Varias proyecciones: habitualmente oblicua derecha e izquierda, se pueden sumar proyecciones anteroposterior y lateral dependiendo de la localización de los distractores.

Se identifican claramente los distractores porque tienen densidad metal.

Sirve para la valoración de la evolución de la distracción ósea progresiva y para posterior desarrollo de hueso neoformado, identificando el cierre del gap postquirúrgico.



Distracción con springs:

A. Línea superior: RX postquirúrgica inmediata, se identifica aumento de partes blandas y enfisema celular subcutáneo (flecha naranja)

B. Línea inferior: RX tres meses después, en ambas proyecciones oblicuas, se observa como la separación entre suturas casi ha desaparecido por desarrollo de nuevo hueso, además de identificar remodelación de la silueta de la calota.

2. Tomografía Computarizada

Es la **técnica de elección** para valoración de craneosinostosis. El estudio diagnóstico, prequirúrgico (con contraste, angioTC) y postquirúrgico (sin contraste) corresponden a valoración volumétrica 3D con los siguientes parámetros en nuestro centro:

TC NAVEGADOR (TC 64 cortes)

* Valorar necesidad o no de anestesia (artefactos de movimiento, manos de los padres sujetando al paciente para posteriores reconstrucciones)

* Parámetros: grosor (0.625), intervalo (0.625), pitch (0.969), Kv (80 Kv), mAs (50-80 mA intervalo)

* Post-proceso:

MPR y MIP diferentes grosores y ventanas

minIP para vía aérea superior y valoración senos en fosa anterior

3D ventana ósea y partes blandas

Vídeo 3D de 360° en plano coronal

Estudio virtual para navegación en quirófano

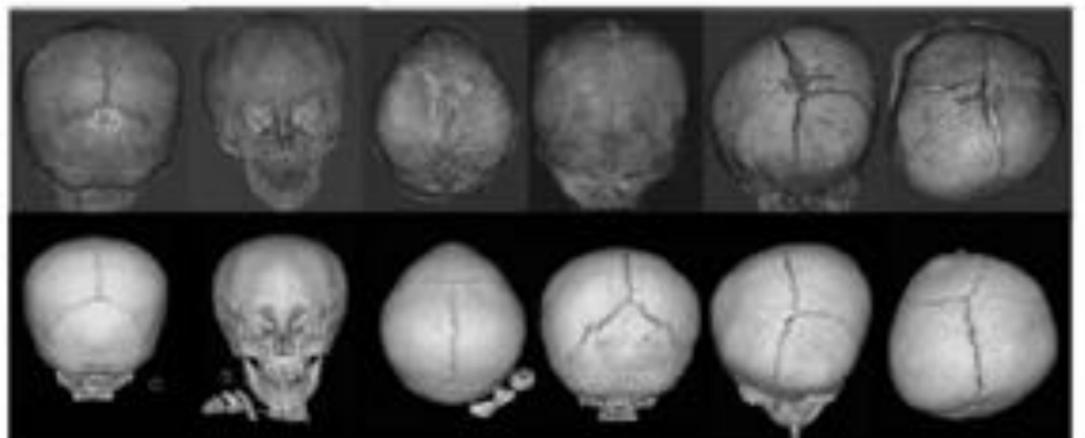
3. Resonancia Magnética

- * RM cráneo para valoración de signos de HTIC
- * RM cráneo para valoración de lesiones intracraneales en contexto de pacientes sindrómicos
- * AngioRM de senos venosos y AngioRM de polígono de Willis (ambas sin contraste) para mapeo vascular previo a la cirugía, alternativa al angioTC

Protocolo de cráneo sin contraste de cada centro, secuencias habituales. Generalmente bajo anestesia.

Se puede añadir **secuencia BLACK BONE**, eco de gradiente 3D con bajo flip angle (5°) que permite alto contraste entre hueso y tejidos blandos, de modo que puede equivaler a la valoración volumétrica con TC

También se pueden realizar reconstrucciones volumétricas de adquisiciones 3D (T1 MPRAGE en Siemens, por ej.)



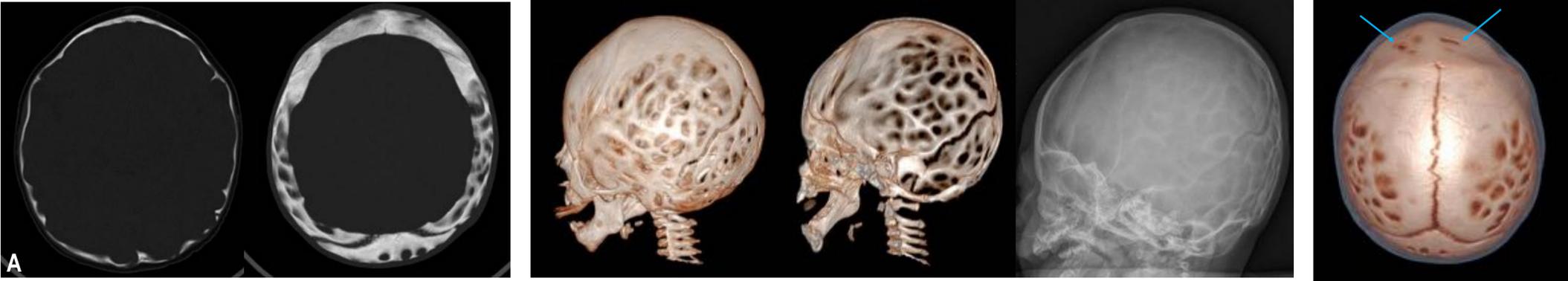
Comparativa: RM Black Bone (fila superior) con TC volumétrico (fila inferior) para valoración de craneosinostosis por cierre de sutura metópica. *Three-Dimensional Reconstruction of the Craniofacial Skeleton With Gradient Echo Magnetic Resonance Imaging ("Black Bone"): What Is Currently Possible?* J Craniofac Surg. 2017;28:463-7.



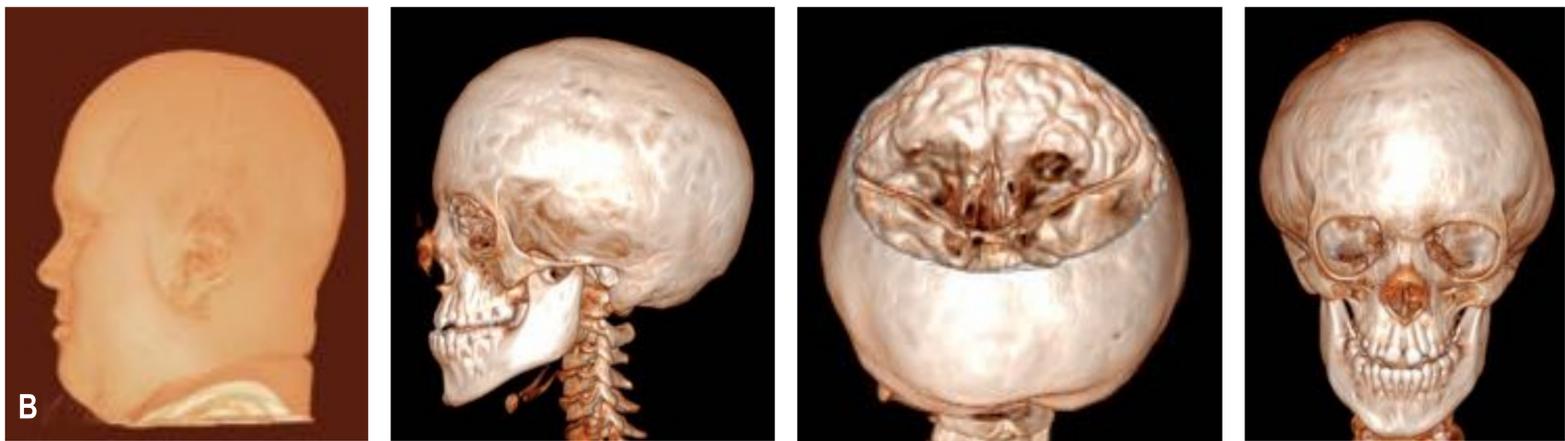
Informe pre-quirúrgico 1

Cráneo lacunar

Impresiones digitiformes o morfología de cobre golpeado "copper beaten", que define gráficamente la morfología lobulada de la tabla interna de la calota, generalmente con un gradiente posteroanterior. El hecho de que en el 1º año de vida el aumento de tamaño del cráneo dependa en su mayoría del desarrollo de la porción posterior explica que la afectación lacunar de la tabla interna sea mayor en los segmentos posteriores del cráneo.



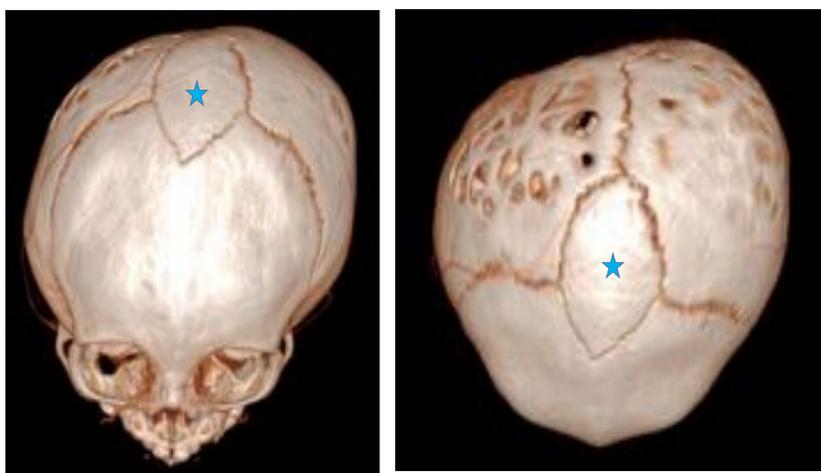
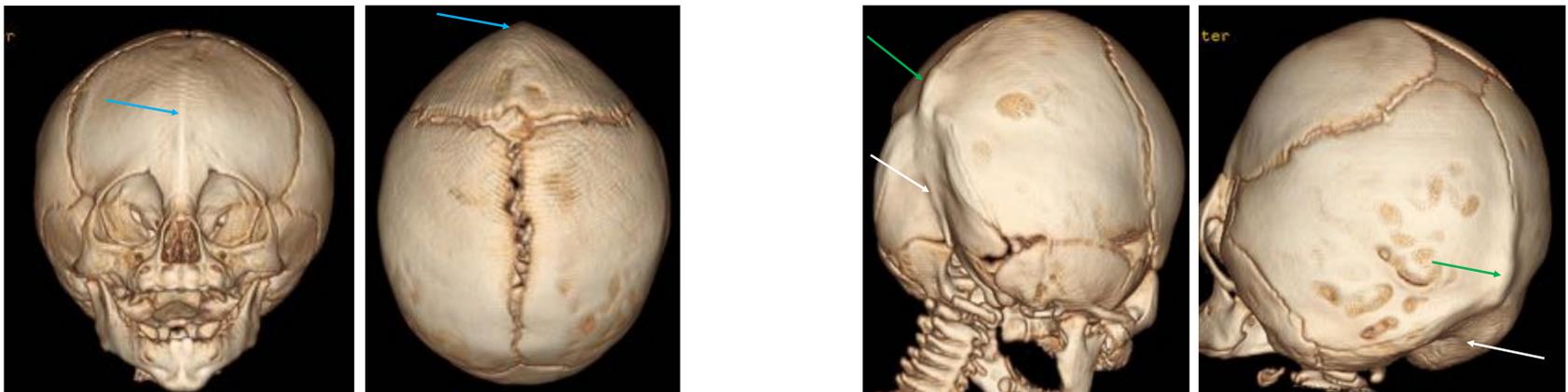
A. Braquicefalia no sindrómica con imagen de cráneo lacunar de gradiente posterior, aunque también se observa lacunar aislado en región frontal debido a cierre de suturas coronales (flecha)



B. Turricefalia sindrómica (variante de Sd. Crouzon) con imagen de cráneo lacunar de gradiente predominante anterior

Signos de ayuda

- Cresta lambdaidea y cresta metópica. Elevación ósea palpable en la zona de cierre sutural (flecha azul y verde, respectivamente)
- Hueso wormiano único y grande en fontanela anterior (fontanelar, no sutural), de morfología romboideia, en cierre de sutura metópica (asterisco)
- Depresión de la concha del occipital (flecha blanca)

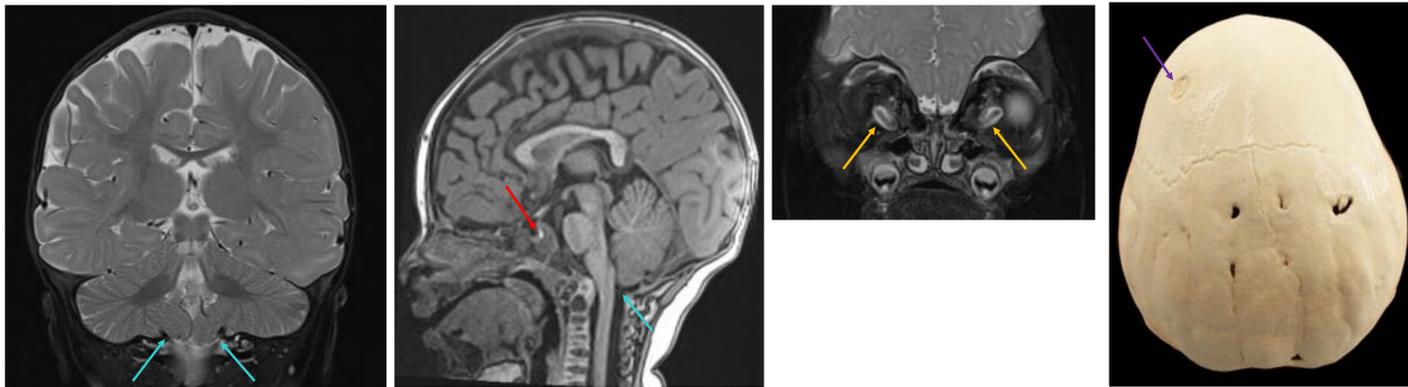




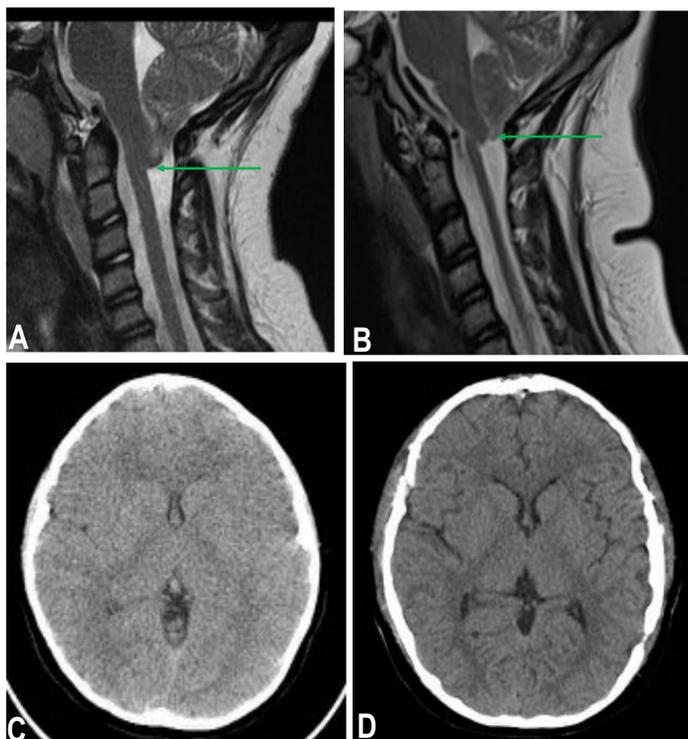
Informe pre-quirúrgico 2

Signos de hipertensión intracraneal

Herniación amigdal, lobulación cóncava del diafragma sellar hacia la glándula, dilatación y tortuosidad de la vaina del nervio óptico, valoración comparativa evolutiva de la talla ventricular supratentorial.



Paciente con craneosinostosis y edema de papila en estudio oftalmológico, la RM muestra ausencia de herniación amigdal (flecha azul), diafragma sellar "empujado" (flecha roja), líquido aumentado en la vaina y tortuosidad de ambos nervios ópticos (flecha naranja) como signos de HTIC. Muchos pacientes presentan trépano precoronar (flecha morada) por colocación previa de sensor de PIC.



Paciente con craneosinostosis multisutura sindrómica, estudio RM medular pre y postquirúrgico (A, B) y TC cráneo pre y postquirúrgico (C, D)
Chiari 1 previo a cirugía (A) y elevación amigdal tras la cirugía descompresiva (B)
El TC de cráneo previo a la cirugía muestra signos de HTIC como disminución de la talla ventricular y borrado de surcos (C). Tras la cirugía (D) estos hallazgos varían hacia la mejoría, con aumento de la talla ventricular hacia la normalidad y visualización de surcos anteriormente borrados.
El volumen cerebral total (TBV) prequirúrgico se estimó en 1284 cm³. En estudio RM a los dos años (no mostrado) se estimó un TBV de 1476 cm³, lo que representa un aumento 15.4% de volumen intracraneal tras la cirugía de craneosinostosis.

Mapa vascular prequirúrgico

Se informa cualquier tipo de malformación, anomalía o vaso prominente periférico, para evitar riesgo de sangrado en la cirugía y ayudar al cirujano en la planificación de la intervención.



Craneosinostosis multisutura (lamboidea unilateral y metópica). Asimetría en tamaño de los senos transversos, seno longitudinal superior morfológicamente normal y normosituado, vena prominente superficial en lado izquierdo de la calota (flecha azul)

Vídeo del estudio 3D



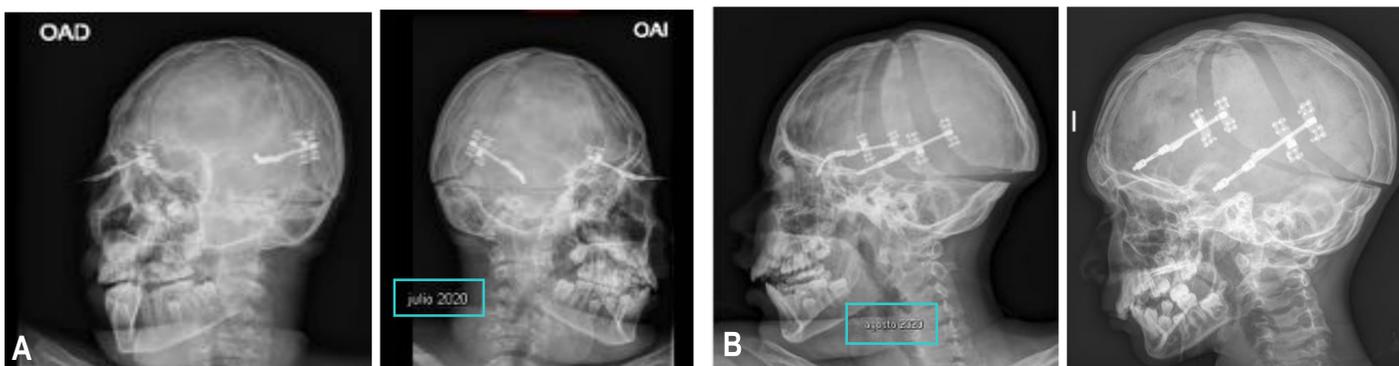
Herramienta cinemática del programa 3D en Carestream utilizada para realización del vídeo en plano coronal con giro de 360°

Informe post-quirúrgico 1

LATENCIA, DISTRACCIÓN, CONSOLIDACIÓN, RETIRADA

- Latencia** estudio postquirúrgico inmediato, separación inicial entre fragmentos.
- Distracción** valoración de la separación entre fragmentos tras distracción progresiva
- Consolidación** osificación del gap
- Retirada** de separadores (tornillos o springs)

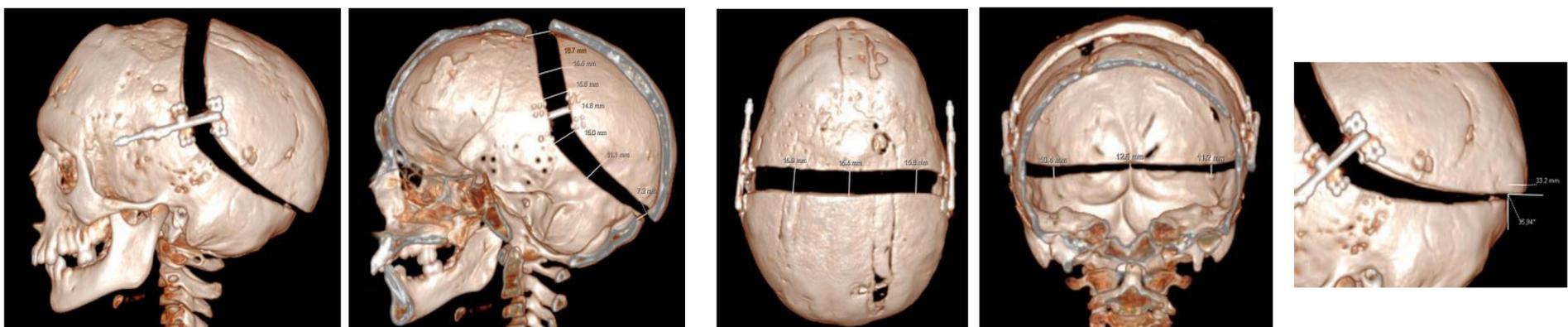
1 Postquirúrgico, evolución NORMAL alternando distintas pruebas de imagen



Paciente de 11 meses intervenido por trigonocefalia, Sd. de Adam Oliver. Diez años después presenta clínica de HTA y requiere cirugía de expansión posterior con distractores osteogénicos (PCVE)

- A. LATENCIA.** RX ambas oblicuas realizadas 2 días tras intervención (07.2020)
- B. DISTRACCIÓN.** RX laterales 1 mes después, tras finalizar la distracción (08.2020)
- C. CONSOLIDACIÓN.** TC 4 meses después, ya con desarrollo de puentes óseos (11.2020)
- D. RETIRADA.** RM tras retirada de dispositivos de distracción ósea tipo vault, con morfología final de calota (03.2022)

2 Postquirúrgico, valoración de la separación entre fragmentos



Colocación de distractores en craneotomía con guías de corte y planificación de vector de distracción. Activación intraoperatoria a 1.2 mm. TC realizado 20 días después de la cirugía tras completar 15 mm de distracción. Las imágenes con medidas realizadas a lo largo de la apertura confirman que se ha llegado a la distracción propuesta inicialmente.

Se deben realizar medidas en las localizaciones de máxima y mínima apertura.

En Carestream, la herramienta "plano de corte" del programa 3D es muy útil para la realización de estas mediciones:



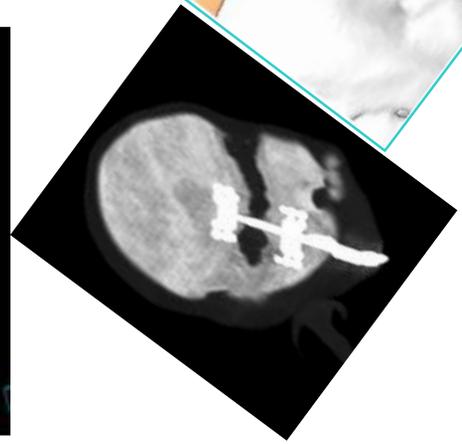
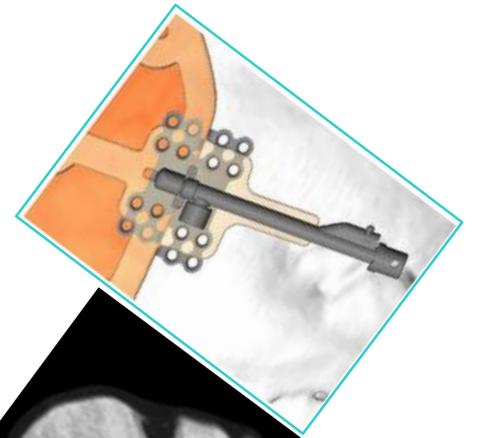
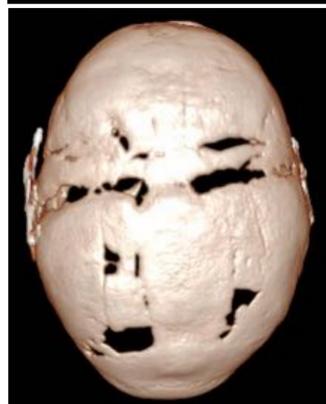
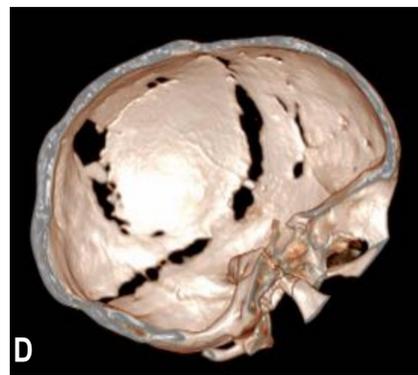
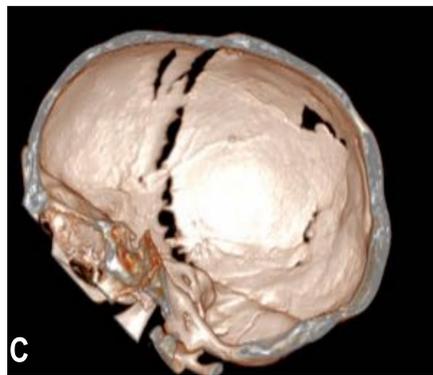
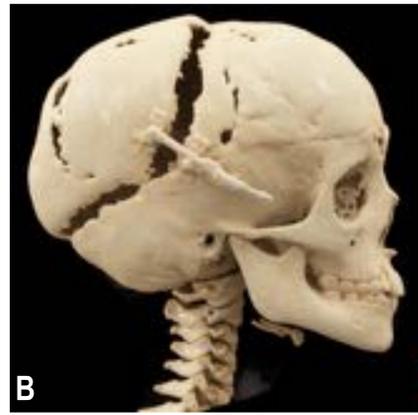
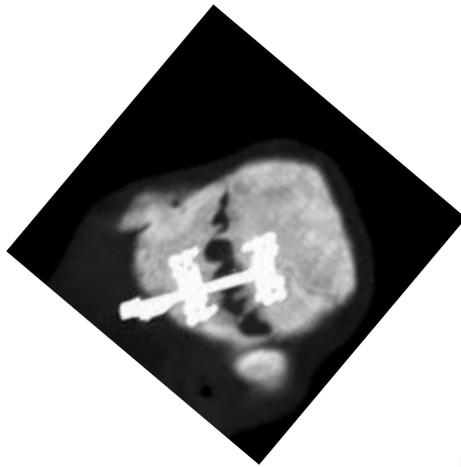


Informe post-quirúrgico 2

LATENCIA, DISTRACCIÓN, CONSOLIDACIÓN, RETIRADA

- Latencia** — estudio postquirúrgico inmediato, separación inicial entre fragmentos.
Distracción — valoración de la separación entre fragmentos tras distracción progresiva
Consolidación — osificación del gap
Retirada — de separadores (tornillos o springs)

3 Osificación asimétrica del gap



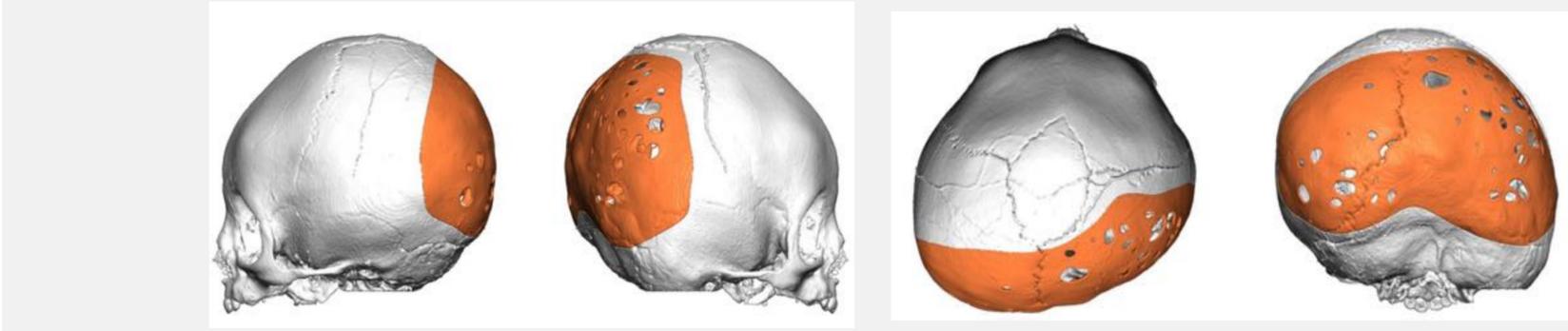
Desarrollo de puentes óseos tras la separación provocada con la craniectomía posterior.
 Reconstrucción 3D con Syngovia donde se identifica mayor aproximación ósea con formación de puentes óseos completos en el lado derecho (A), asimétricos respecto al izquierdo (B)
 Las reconstrucciones MIP sagitales oblicuas respecto a los expansores también muestran este hallazgo (C, der, D, izq), al igual que la visión craneal 3D en ventana ósea con Syngovia y Carestream* (E)



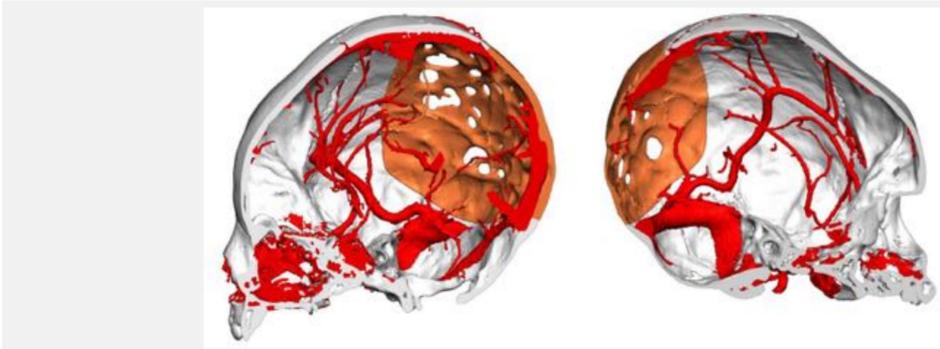
Apuntes sobre la cirugía

Programación de Imagen Pre y Post Quirúrgica, trabajo con Ingeniería Médica

A. Area de Osteotomía

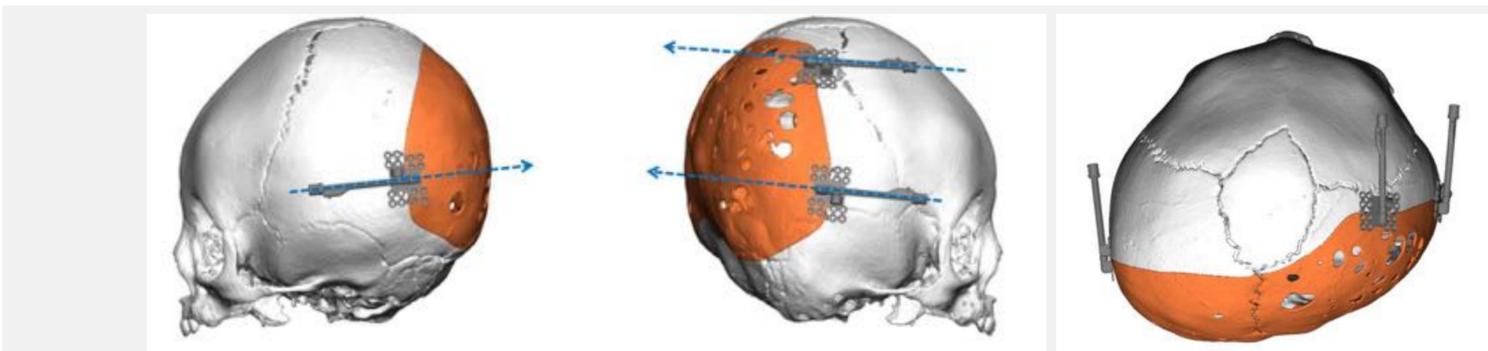


B. Osteotomía con visión vascular intracraneal

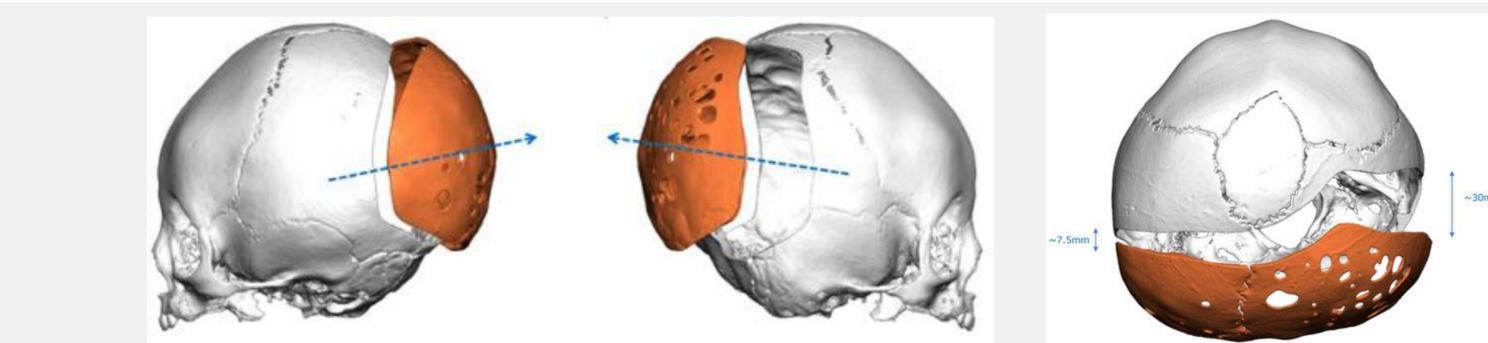


C. Distractores con vector de expansión predecible

Distracción máxima: 30 mm
Distracción por vuelta: 0.3 mm

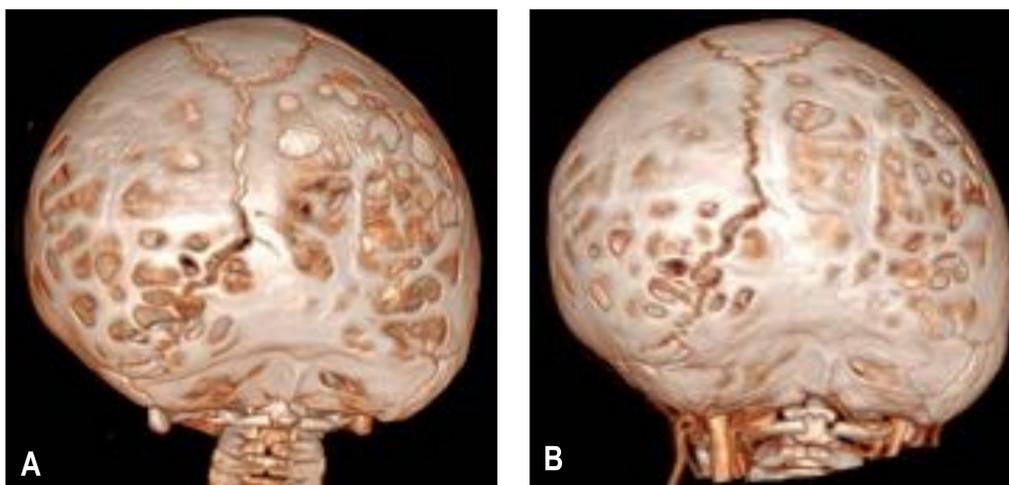


D. Distracción final esperada

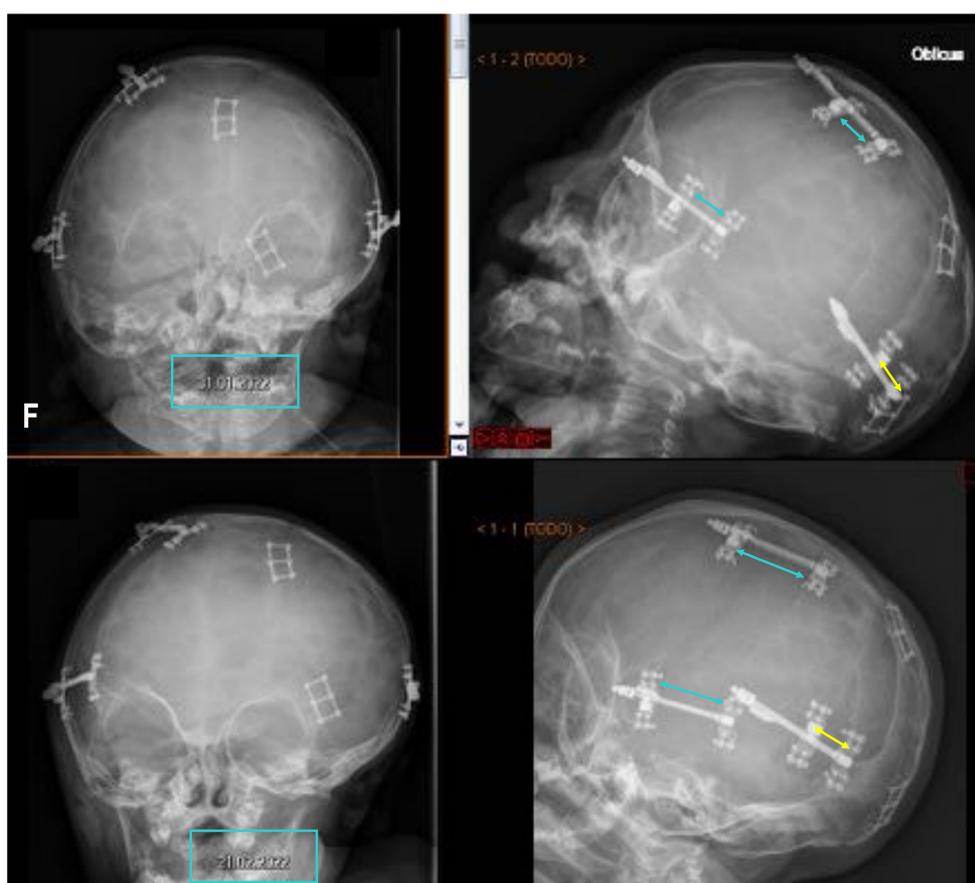
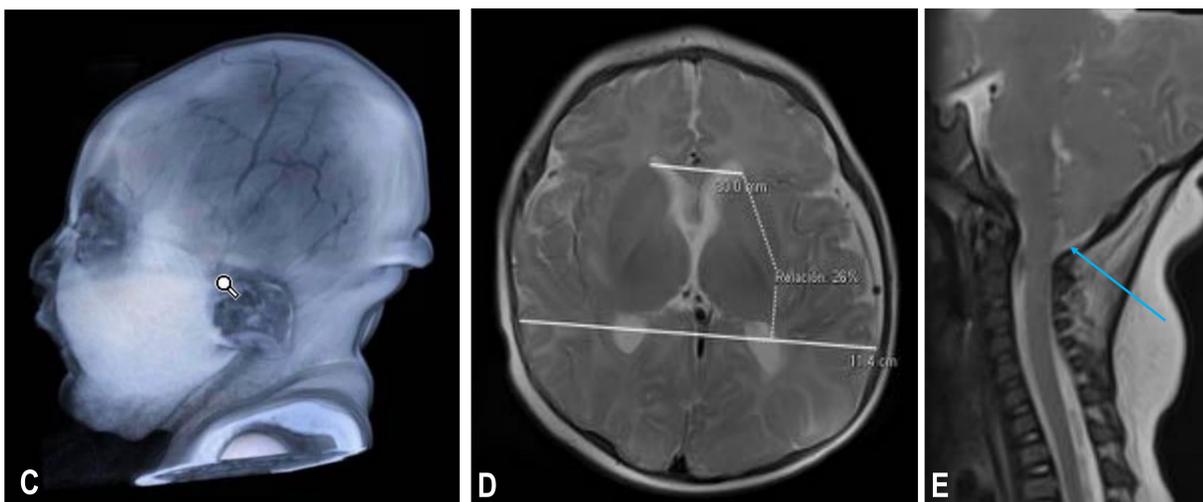


Apuntes sobre la cirugía

Paciente con realización de PCVE con técnica convencional (CO-PCVE) y asimetría en la distracción



A. TC diagnóstico, craneosinostosis monosutural lambdaidea derecha, contexto sindrómico. Perímetro craneal de 37 cm (agosto 2021)
B. TC a los tres meses, se observa la clara progresión de la deformidad con aumento del perímetro craneal a 47 cm (noviembre 2021)
C. RM prequirúrgica, reconstrucción 3D en visión lateral con pliegues cutáneos nucales redundantes, orejas de implantación baja, frente corta y levemente aplanada en la parte superior.
D. Talla ventricular dentro de la normalidad (Índice de Evans 0.26)
E. Mínima herniación amigdalal, fosa posterior de pequeño tamaño.
F. RX realizadas tras distracción craneal posterior asimétrica, tras la cirugía y 21 días después, proyecciones ap y oblicua, comparativas, donde se observa la progresión de la separación entre fragmentos por la apertura progresiva de los distractores osteogénicos (doble flecha azul distractores derechos y amarillo el izquierdo)



PROTOCOLO DE DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA

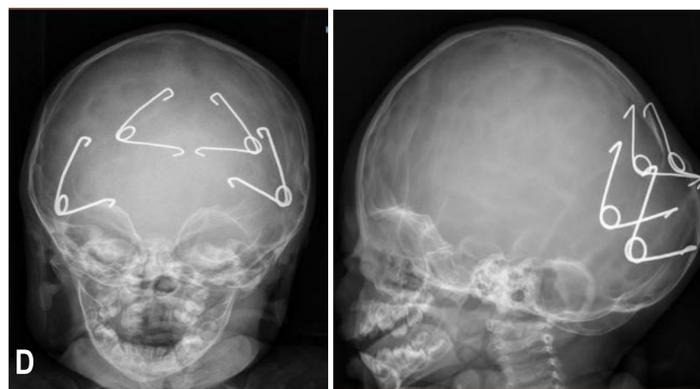
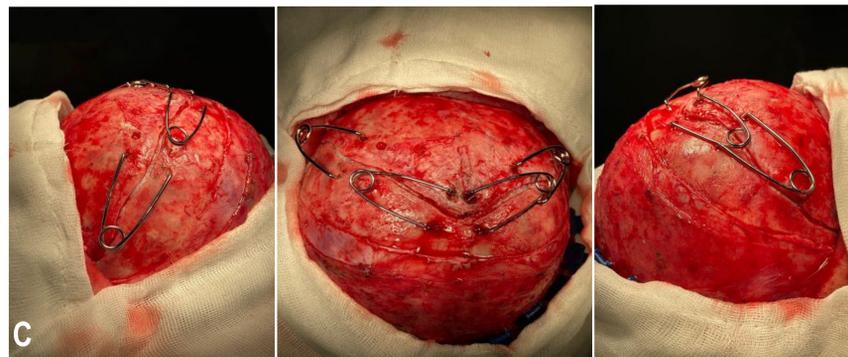
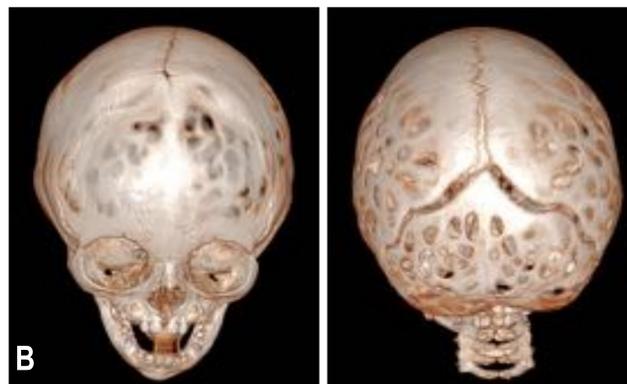
- 1.5 mm gap inicial en quirófano
- Activación a 0.9 mm: 3 vueltas / día en los dos distractores derechos
- Activación a 0.3 mm: 1 vuelta / día en el distractor izquierdo
- Prevista distracción final de 25 mm

Apuntes sobre la cirugía

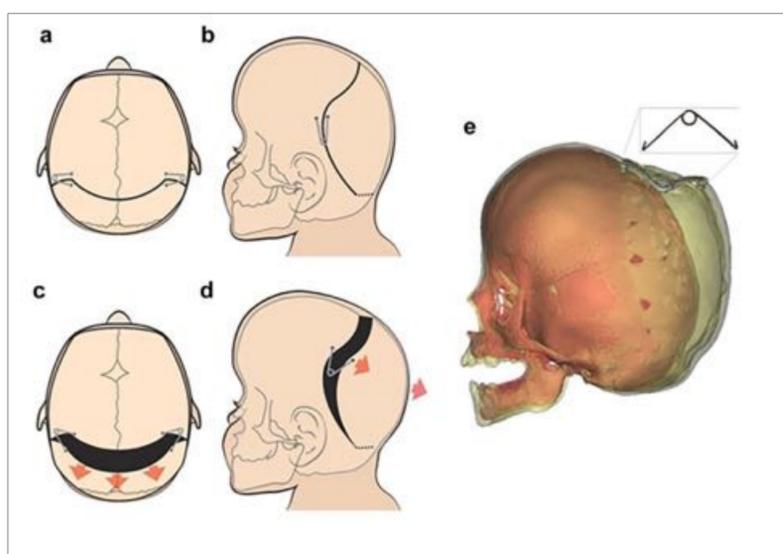
Paciente con realización de PCVE con técnica Springs (SA-PCVE)



Paciente de 15 meses. Craneosinostosis sindrómica multisutural de afectación prioritaria coronal, sospecha de Sd. Crouzon.
A. Correlación entre la fotografía prequirúrgica plano lateral del paciente y las reconstrucciones 3D en TC y RM (T1 MPRAGE)
B. Visión ap y pa de reconstrucción ósea de TC en 3D
C. Imagen quirúrgica en varios planos de la expansión craneal posterior gradual asistida por springs.
D. Visión de expansión y springs en RX.



La elección de técnica SA-PCVE estuvo motivada por el extenso cráneo lacunar del paciente que provocaba un adelgazamiento marcado de la calota, lo que hacía difícil la utilización de anclaje para el uso de los tornillos



Spring-assisted posterior vault expansion (SA-PCVE). A single-centre experience of 200 cases (Great Ormond Street Hospital for Children, Londres). *Childs Nerv Syst.* 2021;37:3189-97
 SA-PCVE es una técnica segura, eficiente y eficaz, basada en una experiencia de 12 años.

Planificación de la técnica SA-PCVE. Osteotomía en asa de cubo curvado en planos transversal y sagital (a, b), colocación de resortes con vectores resultantes (c y d). Reconstrucción 3D que muestra la expansión postquirúrgica lograda con el spring (e)
 Tomado de: *Childs Nerv Syst.* 2021;37:3189-97



Puntualizaciones sobre el resultado de la técnica y la correlación en imagen

DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA

Duración media de la distracción: 28-32 días
Duración media de la consolidación: 2.5-3 meses
Distracción final media: 24-30 mm

Ejemplo de un protocolo de distracción osteogénica posterior:

- * El paciente sale de quirófano con una apertura de 1.5 mm
- * Los tornillos se activan en quirófano de modo que cada vuelta corresponda a una ampliación de 0.3 mm
- * El cirujano describe en la hoja quirúrgica las vueltas que hay que realizar a cada distractor osteogénico y el periodo en que se realizan (1-2-3 vueltas al día, o a días alternos), dependiendo de la programación prequirúrgica realizada en relación al tipo de craneosinostosis
- * A su vez, la ampliación de la apertura de cada distractor puede ser simétrica en cada lado o asimétrica

La separación del gap progresa hasta los 28-32 días, la imagen debe constatar esta progresión sucesiva de la apertura
Debe consultarse la hoja quirúrgica para valorar en imagen la medición de la distracción final esperada
La consolidación ósea tras la separación final de fragmentos debe estar terminada a los 2.5-3 meses, en imagen se verá el desarrollo de puentes óseos y la fusión entre fragmentos

Complicaciones descritas

Fuga de LCR en localización de los tornillos del distractor
Movimiento del material de distracción
Rotura del material de distracción
Retraso o fallo en la consolidación final

Complicación extracraneal: infección, hemorragia
Complicación intracraneal: infección, hemorragia
Patología vascular extracraneal (trombosis yugular)



Conclusiones

La expansión craneal es el tratamiento de las dismorfologías óseas de la calota.

Las diferentes técnicas quirúrgicas pretenden conseguir el aumento de volumen de la cavidad intracraneal con el fin de prevenir o tratar la hipertensión intracraneal.

La expansión de la bóveda craneal posterior es una técnica quirúrgica que permite un marcado aumento de volumen craneal en las craneosinostosis.

Las técnicas de imagen utilizadas para la valoración radiológica de la craneosinostosis y la cirugía son:

- TC volumétrico con reconstrucción multiplanar (MPR), máxima intensidad proyección (MIP), mínima intensidad proyección (mIP), reconstrucción 3D ventana ósea, ventana partes blandas, ventana "fotográfica", video 360°
- AngioTC venoso reconstruido
- Radiografía simple, varias proyecciones
- RM de cráneo para valoración de pacientes sindrómicos y datos de hipertensión intracraneal

En el informe diagnóstico y prequirúrgico se debe constatar:

- tipo de craneosinostosis: sutura patológica, única o múltiple, simétrica o asimétrica
- signos de hipertensión intracraneal
- grado y gradiente del cráneo lacunar
- signos óseos en calota acompañantes: huesos suturales, cresta, depresión
- valoración vascular del cráneo prequirúrgico

En el informe postquirúrgico se debe valorar:

- Latencia: estudio postquirúrgico inmediato, se constata la separación inicial entre fragmentos
- Distracción: se valora la separación entre los fragmentos tras la progresiva distracción. También se valora la separación final esperada
- Consolidación: mostrar la osificación del gap, el desarrollo de puentes óseos o el cierre de la osteotomía, debe estar finalizada a los 2.5-3 meses
- Retirada: la imagen de la retirada de separadores (tornillos o springs)



Bibliografía

Ros B, Iglesias S, Selfa A, Ruiz F, Arráez MÁ. Conventional posterior cranial vault expansion: indications and results-review of the literature. Childs Nerv Syst. 2021;37:3149-3175.

doi: 10.1007/s00381-021-05318-1

Lauritzen C, Tarnow P. Craniofacial surgery over 30 years in Göteborg. Scand J Surg. 2003;92:274-80.

doi:10.1177/145749690309200407

Di Rocco F, Usami K, Protzenko T, Collet C, Giraudat K, Arnaud E. Results and limits of posterior cranial vault expansion by osteotomy and internal distractors. Surgical neurology international, 2018; 9, 217.

doi: 10.4103/sni.sni_465_17

Swanson JW, Samra F, Bauder A, et al. An Algorithm for Managing Syndromic Craniosynostosis Using Posterior Vault Distraction Osteogenesis. Plast Reconstr Surg. 2016;137:829e-841e.

doi: 10.1097/PRS.0000000000002127

Breakey RWF, van de Lande LS, Sidpra J, et al. Spring-assisted posterior vault expansión. A single-centre experience of 200 cases. Childs Nerv Syst. 2021;37:3189-97.

doi: 10.1007/s00381-021-05330-5

Mathijssen IMJ, Driessen C, Versnel SL, et al. Posterior Distraction Using Springs in Syndromic and Multisuture Craniosynostosis: Improving the Technique. J Craniofac Surg. 2020;31:2095-2096.

doi: 10.1097/SCS.0000000000006882

Derderian CA, Wink JD, McGrath JL, Collinsworth A, Bartlett SP, Taylor JA. Volumetric changes in cranial vault expansion: comparison of fronto-orbital advancement and posterior cranial vault distraction osteogenesis. Plast Reconstr Surg. 2015;135:1665-72.

doi:10.1097/PRS.0000000000001294

Schulz M, Spors B, Haberl H, Thomale UW. Results of posterior cranial vault remodeling for plagiocephaly and brachycephaly by the meander technique. Childs Nerv Syst 2014;30:1517-26.

doi: 10.1007/s00381-014-2462-z

Eley KA, McIntyre AG, Watt-Smith SR, Golding SJ. "Black bone" MRI: a partial flip angle technique for radiation reduction in craniofacial imaging. Br J Radiol. 2012;85:272-8.

doi: 10.1259/bjr/95110289

Bartlett S, Ehrenfeld M, Mast G, Sugar A. AO surgery reference. Posterior vault expansion by distraction osteogenesis.

<https://surgeryreference.aofoundation.org/cmf/congenital-deformities/craniosynostosis/syndromic-craniosynostosis/posterior-vault-expansion-by-distraction-osteogenesis>

Bozkurt S, Borghi A, van de Lande LS et al. Computational modelling of patient specific spring assisted lambdoid craniosynostosis correction. Sci Rep 2020. 10, 18693.

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-75747-6>

<https://slidetodoc.com/managing-intracranial-hypertension-in-syndromic-craniosynostosis-a-report/>

Posterior vault expansion: information for families. Great Ormond Street Hospital for Children NSH Foundation Trust. 2019.

https://media.gosh.nhs.uk/documents/Posterior_vault_expansion_F1726_FINAL_Sep19.pdf

Márquez JC, Herazo Bustos C, Wagner MW. Craniosynostosis: Understanding the Misshaped Head. Radiographics 2021;41(2):E45-E46.

doi: 10.1148/rg.2021200127

Selfa A, Ros B, Iglesias S, Ruiz F, Pérez A, Arráez MA. External cranial expansion as treatment of intracranial hypertension. Technical note. Neurosurg Rev. 2022;45:897-901.

doi: 10.1007/s10143-021-01571-9