

Actualización en craneoplastía post craniectomía descompresiva de etiología traumática en el adulto

Rolando Maturana Ortega

Neurocirujano. Servicio de Neurocirugía. Hospital de Urgencia Asistencia Pública

Resumen

La craniectomía descompresiva es un procedimiento frecuente en neurocirugía para manejar la hipertensión intracraneana refractaria en distintas situaciones, como el traumatismo encefalocraneano, posteriormente la craneoplastía logra restituir la cobertura ósea a las estructuras intracraneanas. Dada su alta tasa de complicaciones, existe interés por actualizar el conocimiento al respecto. Este artículo hace revisión de la literatura científica publicada en los últimos años respecto a Craneoplastía post craniectomía descompresiva de origen traumático, mediante la búsqueda en la base de datos PUBMED. Se revisó 6 ensayos clínicos de los últimos 10 años, 10 revisiones sistemáticas con metaanálisis de los últimos 6 años, un libro de texto y un documento de consenso de una sociedad científica internacional. Se restringió la búsqueda a población adulta y a texto completo disponible. Los resultados indicaron información estándar respecto a indicaciones y materiales. Sobre el tiempo óptimo para realizar craneoplastía, no existe consenso que aquella realizada antes de los 3 meses genere mayor beneficio que aquella realizada con posterioridad. Se observó que la tasa global de complicaciones es alta (10-40%), que la etiología traumática tiene mayor incidencia de infección y resorción ósea, y menor incidencia de hidrocefalia. Sobre las demás complicaciones, no se observó diferencias significativas. Respecto a la comparación entre materiales, si bien se observó mayor tasa de reoperación con autoinjerto óseo, no puede establecer la superioridad de ningún material en particular. Como conclusión de la revisión es que la etiología traumática es un factor de riesgo para infección y resorción ósea. Se requiere mayor investigación para formular nuevas estrategias que permitan mejorar resultados clínicos.

Palabras claves: Craneoplastía, Craniectomía descompresiva, Traumatismo encefalocraneano, Complicaciones.

Introducción

La craniectomía descompresiva se utiliza en algunos escenarios para controlar la hipertensión intracraneana refractaria, situación que es frecuente en el traumatismo encefalocraneano severo complicado. Con posterioridad a dicho procedimiento, la reparación del defecto óseo resultante mediante una craneoplastía genera beneficios tanto funcionales como estéticos para el paciente, siendo parte del proceso de rehabilitación. En relación a esta última, se describe una alta tasa de complicaciones en la literatura (Blue, 2022; Shepetovsky *et al.*, 2021). La atención a estos pacientes genera una importante carga asistencial y financiera en los sistemas sanitarios de todo el mundo.

Actualmente, no existe consenso respecto a aspectos importantes de la craneoplastía posterior a una craniectomía descompresiva, como la definición del intervalo de tiempo ideal entre la craniectomía descompresiva y la craneoplastía, sobre si alguno de los materiales disponibles para realizarla es superior a otros, y como prevenir las complicaciones más frecuentes.

Mediante el siguiente estudio, se pretende revisar la literatura más reciente sobre craneoplastía posterior a craniectomía descompresiva por trauma en adulto. Se revisarán en forma específica las indicaciones, materiales de craneoplastía, temporalidad óptima, complicaciones asociadas y el desempeño de los distintos materiales. Se espera qué, si se logra establecer relaciones claras en algún punto, podría generarse evidencia para nuevas investigaciones que permitan a su vez generar estrategias preventivas en el futuro, que mejoren los resultados en los pacientes y evitar complicaciones.

Materiales y métodos

Se definió como criterios de inclusión para los estudios a revisar que estos cumpliesen con los siguientes requisitos: i) Contener pacientes con craniectomías descompresivas de etiología traumática; ii) Que el defecto óseo fuese producto de una craniectomía descompresiva supratentorial; iii) Población adulta; iv) Acceso al texto completo por parte del autor.

Se realizó una búsqueda de la literatura por el autor en la base de datos de PUBMED, usando la palabra clave “craneoplastía” y posteriormente restringiendo los artículos encontrados a craniectomías descompresivas supratentoriales, trauma craneal y población adulta. Respecto al tipo de artículo, se restringió la búsqueda a ensayos clínicos en los últimos 10 años y a revisiones sistemáticas en los últimos 6 años. Se realizó además una búsqueda en la base de datos de Cochrane, no encontrándose artículos.

Se revisó 6 ensayos clínicos y 10 revisiones sistemáticas. Se revisó además el artículo de consenso de craneoplastía postraumática realizado durante la conferencia ICRAN de la *World Federation of Neurosurgical Societies* (WFNS) publicado el año 2021, y además el capítulo correspondiente a craneoplastía del libro “*Youmans and Winn Neurological Surgery, Eight edition*” de Editorial Elsevier.

La calidad de los estudios fue evaluada por el autor mediante lectura del texto completo. Su relevancia fue determinada por el autor, mediante la capacidad de cada estudio para definir con claridad una postura respecto a cada punto en discusión. Se priorizó estudios y artículos que abarcasen las controversias generales enunciadas en los objetivos.

Se estructuró la presentación de resultados en 5 puntos que resumen la evidencia: a) indicaciones; b) materiales de craneoplastía; c) tiempo óptimo para realizar procedimiento; d) complicaciones;

e) comparación entre distintos materiales para injerto.

Resultados

a) Indicaciones

Los estudios de craneoplastia posterior a craniectomia descompresiva incluyen tanto defectos hemisféricos como bifrontales. Como indicaciones se consideran la reconstrucción del defecto óseo, el tratamiento de complicaciones de la craniectomia descompresiva, mala progresión en la rehabilitación en contexto de barotrauma repetido y síndrome del colgajo hundido (Iaccarino *et al.*, 2021).

b) Materiales

Existen distintas opciones de materiales para realizar la craneoplastia, siendo los más utilizados el autoinjerto óseo, el polimetilmetacrilato (PMMA), la hidroxiapatita (HA), la malla de titanio (Ti) y la de poliéster-éter-cetona (PEEK) (Tabla N°1). De los anteriormente mencionados, solo el autoinjerto óseo corresponde a tejido del propio paciente, siendo los demás materiales sintéticos (Blue, 2022; Iaccarino *et al.*, 2021). El material ideal para la realización de la craneoplastia debe ser maleable, susceptible de pasar un proceso de esterilización, sin actividad magnética, radiolúcido, ligero y que pueda fijarse fácilmente a calota (Blue, 2022). El uso de hueso autólogo (fragmento de calota extraído en el momento de la realización de la craniectomia descompresiva) si bien es de menor costo, tiene complicaciones propias como la resorción ósea (Iaccarino *et al.*, 2021), cuya etiología es variable. En ella se han involucrado factores como infección, insuficiente irrigación desde cuero cabelludo o duramadre, y mala incorporación desde calota circundante. El PMMA es maleable, pero requiere de una reacción exotérmica que puede dañar los tejidos circundantes y puede liberar gases

tóxicos. La malla de titanio es maleable y resistente, pero puede asociarse a atrofia de partes blandas y exposición. El PEEK tiene poca evidencia aún, requiere esterilización previa y tiene riesgo aumentado de seroma. La HA es análoga a la hidroxiapatita ósea de la calota, por lo cual es osteoconductiva y biocompatible, pero tiene mayor riesgo de fractura de prótesis durante los primeros meses. Tanto el PMMA como el Ti y el PEEK pueden utilizarse mediante la realización de una prótesis preformada 3D diseñada a partir del TC del paciente, lo cual mejora resultados estéticos (Iaccarino *et al.*, 2021).

c) Tiempo óptimo para realizar una craneoplastia

El intervalo de tiempo ideal entre la craniectomia descompresiva y la craneoplastia en trauma no se ha podido establecer claramente en la literatura. En el consenso de craneoplastia posterior a craniectomia descompresiva por trauma de WFNS, se clasifican los intervalos como:

- Ultra precoz: menor a 6 semanas entre ambas cirugías.
- Precoz: de 6 semanas a 3 meses.
- Intermedia: de 3 a 6 meses.
- Tardía: posterior a 6 meses.

Si bien se reconoce que la craneoplastia precoz podría mejorar la función neurológica, se establece que la decisión debe tomarse en función de la condición clínica individual (Iaccarino *et al.*, 2021). En el ensayo clínico de Songara (2016) se logró establecer que posterior a la craneoplastia en ambos grupos existe una mejoría en los parámetros de perfusión cerebral tanto ipsilateral como contralaterales que se correlacionan a la mejoría en las escalas GOS-E y MMSE. En este último, existe una tendencia a mejores resultados al control a la semana en craneoplastias precoces, pero el estudio no

tuvo la muestra suficiente para detectar una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos (Songara *et al.*, 2018). En la revisión sistemática realizada por De Cola (2018), se observó que la craneoplastia precoz mostraba mejores resultados en la recuperación motora en forma estadísticamente significativa en 3 de ellos, no así en la rehabilitación cognitiva, donde no se estableció significancia estadística. Se analizó el subgrupo de 3 a 6 meses y tampoco pudo establecerse significancia estadística (De Cola *et al.*, 2016).

sión sistemática realizada por Shepetovsky y colaboradores (2021) donde se analizó 59 estudios y la experiencia institucional de los autores, con un total de 9.246 pacientes de los cuales 4.745 fueron de etiología traumática, se estableció un 24.6% de complicaciones (Shepetovsky *et al.*, 2021), y se observó una tendencia a mayor cantidad de complicaciones en las craneoplastías realizadas posterior a craniectomías realizadas por trauma (26.2%) respecto a etiologías no traumáticas (22.5%) (Shepetovsky *et al.*, 2021), sin significancia estadística.

d) Complicaciones

i. Tasa general de complicaciones

La craneoplastia es un procedimiento quirúrgico con un porcentaje de complicaciones de 10 a 40% (Blue, 2022). En la revi-

ii. Infección

En la revisión de Shepetovsky y colaboradores (2021) se estableció un 10% de infecciones reconocibles clínicamente, y se observó una diferencia estadísticamente

Tabla 1. Materiales de craneoplastia (Mee *et al.*, 2022)

Resumen de material de craneoplastias			
Material	Tipo de implante	Puntos importantes	Consideraciones
Hueso autólogo	Autoinjerto	Biocompatible Riesgo de resorción ósea	Es el material más utilizado en el mundo. Es más económico, dependiendo del método de almacenamiento.
Polimetilmetacrilato (PMMA-sólido)	Polímero	Bio-interte No realiza reacción exotérmica Dúctil	Se pueden incorporar antibióticos mediante el embebido de la prótesis, lo cual es beneficioso para el manejo de la reoperación secundaria a infección. Uso frecuente. Bajo costo.
Poliéter-éter-cetona (PEEK)	Polímero	Bio-interte Resistencia mecánica	No existen estudios a largo plazo. Se requiere esterilización en institución de salud previo a su instalación.
Malla de titanio (Ti)	Metal	Biocompatible No corrosivo y no ferromagnético Resistencia mecánica	Opciones de manufactura incluyen placa, red o implante poroso 3D. Asociado a mejores resultados cosméticos y funcionales. Alto costo.
Hidroxiapatita porosa (HA)	Cerámica/Polímero	Material biocerámico poroso Semeja características biológicas de tejido óseo	Se puede realizar diseño personalizado. Ha mostrado tener un impacto positivo en generación y reparación de hueso.

significativa entre craneoplastías realizadas posterior a craniectomías realizadas por trauma (11.4%) respecto a etiologías no traumáticas (8.6%). Esta diferencia no ha sido corroborada en todos los estudios. En la revisión sistemática realizada por Henry y colaboradores (2021) se analizó 26 estudios, con un total de 2.139 pacientes de los cuales 1.149 correspondieron a etiología traumática, no se observó una diferencia significativa en la tasa de infección entre etiologías traumáticas y no traumáticas (9.4% vs 11.4%) (Henry *et al.*, 2021). Actualmente se está estudiando el rol que pudiese jugar la elección de materiales particulares en craneoplastía respecto a la tasa de infección que esta pudiese presentar. En la revisión sistemática de Bokhari y colaboradores (2018) se observó que el uso de vancomicina en la herida operatoria no reduce la tasa de infección en las craneoplastías, a diferencia de otras cirugías craneales (Bokhari *et al.*, 2018).

iii. Hidrocefalia

Se ha establecido que un 40 a 45% de los pacientes posterior a la craniectomía descompresiva desarrollan ventriculomegalia, pero que un porcentaje menor desarrolla hidrocefalia (10 a 45% según el estudio). Este generalmente se presenta a partir del primer mes, y puede ser una complicación tardía. Su presentación clínica puede ser atípica y empeora el pronóstico del paciente (Iaccarino *et al.*, 2021).

Existe un grupo de pacientes en los cuales la hidrocefalia ya está presente al momento de indicar la craneoplastía. En la revisión sistemática de Zhou y colaboradores (2022) se observó que la realización de la craneoplastía y la instalación de la válvula de derivación ventriculoperitoneal (DVP) en simultáneo, generó un incremento estadísticamente significativo en las complicaciones

totales, pero no aumentó el riesgo de complicaciones hemorrágicas, infecciosas ni reoperaciones en población general (Zhou *et al.*, 2022). Cuando se realizó el análisis de subgrupos por etnicidad, se observó que el riesgo de complicaciones totales y de infección tenía un incremento estadísticamente significativo en la población asiática (Zhou *et al.*, 2022). En la revisión sistemática de Zhang y colaboradores (2023), la realización de ambos procedimientos por separado generó una menor cantidad de colecciones subdurales, pero no hubo diferencia en infecciones, disfunción valvular, reoperaciones, hematomas extradurales, subdurales o intraparenquimatosos (Zhang *et al.*, 2023). Respecto a la secuencia de cirugías, si bien generalmente se realiza la craneoplastía después de la instalación de la DVP para facilitar la primera, se ha planteado que realizar la craneoplastía primero podría mejorar los resultados del paciente dada la mejoría en la hemodinamia cerebral (Zhang *et al.*, 2023). Se ha planteado la posibilidad de utilizar medidas transitórias para manejar la hidrocefalia mientras se instala la craneoplastía como DVE, drenaje lumbar o punción intraoperatoria. Respecto a la válvula a utilizar, si bien la mayoría de los estudios recomienda la instalación de una válvula programable (Iaccarino *et al.*, 2021). (Zhang *et al.*, 2023), se reconoce que en ambientes con baja disponibilidad de recursos podrían utilizarse válvulas de presión fija (Iaccarino *et al.*, 2021). Sobre la presentación de hidrocefalia en craneoplastías de origen traumático respecto a no traumático se ha observado una diferencia de 8.1% vs 16.7% a favor de las no traumáticas, no siendo esta tendencia estadísticamente significativa (Shepetovsky *et al.*, 2022).

iv. Resorción ósea

Como se mencionó previamente, la resorción ósea es una complicación propia del uso de hueso autólogo. En la revisión sistemática de Shepetovsky y colaboradores (2021), se identificó en un 14.2% de las craneoplastías realizadas con hueso autólogo. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre las craneoplastías realizadas posterior a craniectomías descompresivas por trauma (19.7%) respecto a las realizadas por etiologías no traumáticas (9.8%) (Blue, 2022). En la revisión sistemática de Henry (2021) se confirmó este hallazgo. Se han identificado como factores de riesgo la edad menor de 30 años, la fragmentación del injerto óseo, la etiología traumática, la coexistencia de una válvula DVP, la realización de la craneoplastía más de un año después de la craniectomía descompresiva (Henry *et al.*, 2021), o la presencia de una contusión hemorrágica subyacente (Blue, 2022). Respecto a donde puede guardarse el autoinjerto óseo, existen como opciones el utilizar un bolsillo en la grasa subcutánea abdominal y también realizar criopreservación, idealmente a -70 u -80°C (Shafiei *et al.*, 2021). En el ensayo clínico randomizado de Shafiei y colaboradores (2021) (Shafiei *et al.*, 2021) se observó una mayor tendencia a la resorción ósea en los autoinjertos criopreservados, si bien se menciona que la temperatura promedio de criopreservación fue de -18° y que en este grupo hubo una mayor incidencia de infecciones (Shafiei *et al.*, 2021). Este hallazgo no se ha observado en otros trabajos (Henry *et al.*, 2021). Actualmente no existe claridad respecto a la superioridad de algún método de almacenamiento por sobre otro (Iaccarino *et al.*, 2021).

v. Convulsiones

En la revisión sistemática de Shepetovsky y colaboradores (2021), se observó una

incidencia de 13.2% de convulsiones en pacientes sin antecedentes previos, sin diferencias significativas entre distintas etiologías (12.6% vs 14%) (Shepetovsky *et al.*, 2021). En el ensayo clínico de Liang y colaboradores (2017) se inició profilaxis con levetiracetam por 24 semanas y se comparó con un grupo control sin profilaxis, observándose una reducción de 17.0% a 4.1% estadísticamente significativa (Liang *et al.*, 2017) con una mejoría en la calidad de vida y en la satisfacción del paciente estadísticamente significativas, sin diferencia significativa en cuanto a efectos adversos. Se observó además un gran incremento del riesgo de presentar convulsiones tardías en aquellos pacientes con EEG de reposo alterado preoperatorio a la craneoplastía respecto a aquellos con EEG normal (Liang *et al.*, 2017).

vi. Hemorragia

En la revisión sistemática de Shepetovsky y colaboradores (2021), se observó una prevalencia de 5% de complicaciones hemorrágicas, sin diferencias significativas entre distintas etiologías (4.8% vs 5%).

vii. Colecciones de líquido extraaxiales no infecciosas ni hemorrágicas

En la revisión sistemática de Shepetovsky (2021), se observó una prevalencia de 5.5% de colecciones, con una mayor tendencia a presentarlas en craneoplastías realizadas posterior a craniectomía descompresiva por trauma (7.3% vs 3.3%), sin significancia estadísticas (Shepetovsky *et al.*, 2021).

viii. Reoperaciones

Los motivos más frecuentes de reoperación en craneoplastía son infección, resorción

ósea y exposición. En la revisión sistemática de Henry (2021) se describió una tasa de 17.4% (Henry *et al.*, 2021). En la misma, se indica que en distintos estudios se ha observado que el uso de autoinjerto óseo se asocia a una mayor tasa de reoperación dada la resorción ósea (Henry *et al.*, 2021).

ix. Otras

Se han descrito complicaciones mecánicas como anormalidades de contorno o cosméticas, desplazamiento del implante, aflojamiento de la fijación del implante y fractura del mismo en un 3.1%, edema cerebral en un 1% y déficit neurológicos transitorios o permanentes en un 1 a 2% (Shepetovsky *et al.*, 2021), entre otros.

e) Comparación entre distintos materiales para injerto

Se han realizado diversos estudios para comparar el desempeño de distintos materiales de craneoplastia en cuanto a su perfil de complicaciones. La mayoría de los estudios utiliza como grupo control la craneoplastia con hueso autólogo y la compara con distintos tipos de materiales sintéticos (Pfnür *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2020; Honeybul *et al.*, 2017; Capitelli-McMahon *et al.*, 2023). En el ensayo clínico de Pfnür (2024) se comparó complicaciones relacionadas a la craneoplastia entre hueso autólogo con PMMA, HA, Ti y PEEK. Se observó que las craneoplastias de PEEK tenían la mayor tasa de infección de herida operatoria y de retiro de craneoplastia, seguidas de las de hueso autólogo (pesé a que este último tiene la mayor tasa de reoperación dada la resorción ósea) y posteriormente las de Ti, siendo las de PMMA las que mostraron menor tasa de infección y reoperación (Pfnür *et al.*, 2024). En la revisión sistemática de

Liu (2020) se comparó hueso autólogo con HA, Ti y PEEK, y se observó una menor tasa de complicaciones globales con injertos sintéticos respecto a autoinjerto (33.2% vs 26.2%), estadísticamente significativa. No se observó diferencias entre HA vs Ti, pero sí entre PEEK y Ti en cuanto a complicaciones generales y tasa de retiro de craneoplastia, estadísticamente significativas (Liu *et al.*, 2020). En el ensayo clínico randomizado de Honeybul (2015) se estudió resultados y costo efectividad de autoinjerto óseo versus Ti, observándose mayores tasas de falla y reoperación en autoinjerto óseo, y no se observó una diferencia significativa en cuanto a costos de atención de salud (Honeybul *et al.*, 2017). En la revisión sistemática de Capitelli-McMahon (2023) se comparó autoinjerto óseo vs Ti, observándose una mayor tasa de reoperación por resorción ósea en autoinjerto óseo, estadísticamente significativa, pero no se observó una diferencia en los resultados clínicos finales ni los costos (Capitelli-McMahon *et al.*, 2023). En el ensayo clínico de Linder (2016), se comparó craneoplastia con aloinjerto con HA vs Ti, observándose una tasa de infección menor (7.7 vs 20.8%), una tasa de inflamación sistémica a los 6 meses menor (0 vs 37.5%), una tasa de reoperación a los 6 meses menor (26.9% vs 29.2%), pero ninguna de estas con significancia estadística. En cuanto a retiro del implante se observó una tasa similar (11.5% vs 12.5%). Respecto a eventos adversos se observó una tasa similar (50% vs 58%), destacando los hematomas en las craneoplastias de HA (48% vs 17%), y dentro de estos un predominio de hematomas extradurales. En cuanto a resultados funcionales, se observó una mejoría a 6 meses en un 43% de los pacientes con craneoplastia de HA vs un 26.3% en los pacientes con craneoplastia de Ti, sin significancia estadística (Linder *et al.*, 2016).

De acuerdo a múltiples autores, a la fecha,

no ha podido establecerse alguna alternativa como estándar único (Iaccarino *et al.*, 2021), recomendándose la elección de cada alternativa según cada caso particular.

Discusión

Esta revisión pretende entregar una visión actualizada de la evidencia en relación a la craneoplastia en relación a craniectomía descompresiva. En nuestro análisis, se mencionan las indicaciones quirúrgicas y los distintos materiales disponibles. Respecto a la óptima temporalidad para realizar la craneoplastia, si bien existen estudios que indican que su realización precoz podría ser beneficiosa como la revisión sistemática de Malcolm (2018), existe considerable heterogeneidad importante en los mismos (De Cola *et.al.*, 2018), lo cual hace que los resultados globales sean contradictorios. En la revisión de De Cola (2018), si bien se observó mejoría en los resultados motores en craneoplastia precoz, no fue así en los resultados cognitivos, donde se identificó un período ideal de 3 a 6 meses (De Cola *et al.*, 2018), particularmente en cuanto a memoria. Se plantean como probables causas el efecto sostenido de la restauración del flujo sanguíneo y de LCR en la región afectada (De Cola *et al.*, 2018), lo cual podría tener un rol en la mejoría global de la función de las redes neuronales. También se menciona que los programas de neurorrehabilitación podrían aportar en la mejoría de los resultados cognitivos (De Cola *et al.*, 2018). Se indica que sería ideal estandarizar una evaluación neuropsicológica más profunda para los pacientes en los que se realizaran una craneoplastia (De Cola *et al.*, 2018).

Sobre las complicaciones, si bien la craneoplastia tiene una alta tasa global de complicaciones, existe una gran variabilidad en los estudios que reportan esta tasa, pues algunos consideran como “complicación” exclusi-

vamente aquellas que requirieron cirugía, mientras otros incluyen también las que requirieron solo manejo médico (Shepetovsky *et al.*, 2021). La etiología traumática tiene una diferencia estadísticamente significativa a favor de mayor riesgo de resorción ósea (en estudios retrospectivos), una tendencia clara hacia mayor riesgo de infección (Shepetovsky *et al.*, 2021; Henry *et al.*, 2018) principalmente dado al mayor peso del tamaño muestral de la revisión de Shepetovsky (2021), y una tendencia hacia una mayor incidencia de colecciones extraaxiales no hemáticas ni infecciosas, no significativa estadísticamente. Respecto a la mayor incidencia de resorción ósea, esta podría deberse a la tendencia a la fragmentación de la placa ósea, y también por la mayor representación de la población de menor edad en la etiología traumática. Sobre la infección, existen distintos factores de riesgo, como el trauma cutáneo y quirúrgico repetido, una falla en la integración del injerto al hueso nativo y un probable compromiso de celdillas y cavidades paranasales por fracturas concomitantes (Shepetovsky *et al.*, 2021).

Respecto a la hidrocefalia, la etiología no traumática tiene una diferencia estadísticamente significativa de mayor riesgo de presentar hidrocefalia (Shepetovsky *et al.*, 2021). Se han identificado como factores de riesgo para la presentación de hidrocefalia posterior a craniectomía descompresiva la aparición de higromas subdurales interhemisféricos o de convexidad, un grado importante de compromiso de conciencia al ingreso, mantención de PIC elevada posterior a craniectomía descompresiva, mayor edad, proximidad de reborde óseo a la línea media y craneoplastia después de 3 meses (Iaccarino *et al.*, 2021) (Tabla N°2).

El promedio de tiempo para que se desarrolle la hidrocefalia en un paciente craniectomizado es de 6.4 meses, con una variabilidad de 1 a 15 meses (Iaccarino *et al.*, 2021).

Como se mencionó en los resultados, la presentación puede ser atípica (Songara *et al.*, 2016). La hidrocefalia empeora los resultados funcionales de los pacientes craniectomizados (Iaccarino *et al.*, 2021). Respecto a la relación entre temporalidad de craniectomía y desarrollo de hidrocefalia, se ha visto que, en pacientes con etiología traumática, la craneoplastia precoz podría disminuir la incidencia de hidrocefalia (Nasi *et al.*, 2020). En revisiones recientes, se ha extrapolado este efecto a la generalidad de las craneoplastias por craniectomía descompresiva (Kim *et al.*, 2023). Se ha planteado como mecanismo fisiopatológico la restauración precoz de la dinámica interna de circulación de LCR, evitando la disfunción de las granulaciones aracnoideas (Kim *et al.*, 2023).

Sobre la elección del material óptimo para efectuar la craneoplastia, cuando se realizó la comparación del desempeño de los distintos materiales, observándose una tendencia a mayor cantidad de reoperaciones con hueso autólogo (Pfnür *et al.*, 2024; Liu

et al., 2020; Honeybul *et al.*, 2017; Capitelli-McMahon *et al.*, 2023), pero no se ha identificado la superioridad de algún material sintético sobre los demás. La craneoplastia de titanio preformada está presente en todos los estudios recientes (Pfnür *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2020; Honeybul *et al.*, 2017; Capitelli-McMahon *et al.*, 2023). En todos los ensayos clínicos y revisiones sistemáticas analizados los tamaños muestrales para cada material son pequeños, lo cual dificulta obtener significancia estadística para las diferencias observadas y facilita que los resultados entre un estudio y otro sean contradictorios. En varios de estos se menciona el sesgo de selección de pacientes, materiales y técnicas como importantes limitaciones. Cabe destacar que la mayoría son de tipo retrospectivo y de un solo centro.

Otro elemento importante es que se indicó que en defectos óseos de mayor magnitud (mayor a 120 cm²), algunos estudios recomendaron utilizar directamente materiales sintéticos en lugar de aloinjerto (Hawryluk *et al.*, 2020). Esta observación es importan-

Tabla N°2. Factores predisponentes de hidrocefalia post craniectomía descompresiva
(Iaccarino *et al.*, 2021)

Factores

- Aparición de higroma interhemisférico.
- Aparición de higroma subdural de convexidad.
- Bajo GCS al ingreso (menor o igual a 8).
- PIC aumentada registrada previo a craniectomía descompresiva.
- Paciente adulto mayor.
- Proximidad de reborde óseo de craniectomía descompresiva (distancia menor de 2-5 cm) de línea media antómica.
- Craneoplastia realizada después de 3 meses de craniectomía descompresiva.

te para craneoplastia posterior a craniectomia descompresiva de etiología traumática, pues en las recomendaciones actuales de las guías de TEC severo, el tamaño de la craniectomía descompresiva debiera ser mayor de 120 cm² (Hawryluk *et al.*, 2020).

Esta revisión aporta al conocimiento de la craneoplastia por craniectomía descompresiva mediante la compilación y la exposición ordenada de los estudios de los últimos años, lo cual permite identificar áreas prioritarias para desarrollar nueva investigación.

Como limitaciones se puede identificar que, si bien la etiología traumática fue predominante en todos los estudios y revisiones, no fue exclusiva. Respecto a la infección, el diagnóstico de la misma no estaba estandarizado en los distintos estudios, similar a lo reportado por otras revisiones. Tampoco se pudo estandarizar por severidad ni por resultados, pues en la gran mayoría de los estudios no estaban definidos los resultados considerados como óptimos.

Conclusión

La craneoplastia posterior a craniectomía descompresiva de etiología traumática es un procedimiento quirúrgico absolutamente vigente en la neurocirugía contemporánea. Así también existen distintas opciones para realizar el injerto, destacando el autoinjerto óseo y el injerto de materiales sintéticos o aloinjerto.

Actualmente no existe consenso de que la craneoplastia precoz (menor a 3 meses) genere mejores resultados globales que aquella realizada después de los 3 meses ya que mantiene una alta tasa de complicaciones (10-40%) (Blue, 2022). De estas, la infección y la resorción ósea tienen una mayor incidencia en las craneoplastias de etiología traumática, mientras que la hidrocefalia se

presenta con mayor frecuencia en etiologías no traumáticas. Existe evidencia que indica que la craneoplastia precoz en pacientes traumáticos podría disminuir la incidencia de hidrocefalia. Sobre convulsiones y hemorragia no se observó diferencias significativas entre distintas etiologías. Respecto a la comparación del desempeño de distintos materiales, se observó una tendencia a mayor tasa de reoperación en autoinjerto óseo dada principalmente por resorción, pero no se ha demostrado la superioridad de algún aloinjerto en particular. A través de la siguiente revisión, se puede concluir que, dentro de las craneoplastias, la etiología traumática predispone a un mayor riesgo de infección y resorción ósea.

Sobre las áreas prioritarias para futuras investigaciones, se plantean la temporalidad óptima para realizar la craneoplastia, el diagnóstico de la hidrocefalia posterior a craniectomía descompresiva y la craneoplastia, la definición de la óptima secuencia de craneoplastia o instalación de DVP, la estandarización de resultados y la comparación de distintos materiales, entre otros.

Referencias

- Blue, R. (2022). Cranioplasty, En H. R. Winn (Ed.), Youmans and Winn Neurological Surgery (8 ed., Vol. 4, pp. 3105.e1-3105.e7). Editorial Elsevier.
- Bokhari, R., You, E., Zeiler, F. A., Bakhaidar, M., Bajunaid, K., Lasry, O., Baeesa, S., & Marcoux, J. (2019). Effect of Intrawound Vancomycin on Surgical Site Infections in Nonspinal Neurosurgical Procedures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World neurosurgery*, 123, 409–417. e7. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.10.168>.
- Capitelli-McMahon, H., Kahlar, N., & Rahman, S. (2023). Titanium Versus Autologous Bone-Based Cranioplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, 15(5), e39516. <https://doi.org/10.7759/cureus.39516>.

- De Cola, M. C., Corallo, F., Pria, D., Lo Buono, V., & Calabró, R. S. (2018). Timing for cranioplasty to improve neurological outcome: A systematic review. *Brain and behavior*, 8(11), e01106. <https://doi.org/10.1002/brb3.1106>
- Hawryluk, G. W. J., Rubiano, A. M., Totten, A. M., O'Reilly, C., Ullman, J. S., Bratton, S. L., Chesnut, R., Harris, O. A., Kissoon, N., Shutter, L., Tasker, R. C., Vavilala, M. S., Wilberger, J., Wright, D. W., Lumba-Brown, A., & Ghajar, J. (2020). Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. *Neurosurgery*, 87(3), 427–434. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa278>.
- Henry, J., Amoo, M., Murphy, A., & O'Brien, D. P. (2021). Complications of cranioplasty following decompressive craniectomy for traumatic brain injury: systematic review and meta-analysis. *Acta neurochirurgica*, 163(5), 1423–1435. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04809-z>.
- Honeybul, S., Morrison, D. A., Ho, K. M., Lind, C. R., & Geelhoed, E. (2017). A randomized controlled trial comparing autologous cranioplasty with custom-made titanium cranioplasty. *Journal of neurosurgery*, 126(1), 81–90. <https://doi.org/10.3171/2015.12.JNS152004>.
- Iaccarino, C., Kolias, A., Adelson, P. D., Rubiano, A. M., Viaroli, E., Buki, A., Cinalli, G., Fountas, K., Khan, T., Signoretti, S., Waran, V., Adeleye, A. O., Amorim, R., Bertuccio, A., Cama, A., Chesnut, R. M., De Bonis, P., Estraneo, A., Figaji, A., Florian, S. I., ... Servadei, F. (2021). Consensus statement from the international consensus meeting on post-traumatic cranioplasty. *Acta neurochirurgica*, 163(2), 423–440. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04663-5>
- Kim, J. H., Choo, Y. H., Jeong, H., Kim, M., Ha, E. J., Oh, J., & Lee, S. (2023). Recent Updates on Controversies in Decompressive Craniectomy and Cranioplasty: Physiological Effect, Indication, Complication, and Management. *Korean journal of neurotrauma*, 19(2), 128–148. <https://doi.org/10.13004/kjnt.2023.19.e24>.
- Liang, S., Ding, P., Zhang, S., Zhang, J., Zhang, J., & Wu, Y. (2017). Prophylactic Levetiracetam for Seizure Control After Cranioplasty: A Multicenter Prospective Controlled Study. *World neurosurgery*, 102, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.03.020>.
- Lindner, D., Schlothofer-Schumann, K., Kern, B. C., Marx, O., Müns, A., & Meixensberger, J. (2017). Cranioplasty using custom-made hydroxyapatite versus titanium: a randomized clinical trial. *Journal of neurosurgery*, 126(1), 175–183. <https://doi.org/10.3171/2015.10.JNS151245>.
- Liu, L., Lu, S. T., Liu, A. H., Hou, W. B., Cao, W. R., Zhou, C., Yin, Y. X., Yuan, K. S., Liu, H. J., Zhang, M. G., & Zhang, H. J. (2020). Comparison of complications in cranioplasty with various materials: a systematic review and meta-analysis. *British journal of neurosurgery*, 34(4), 388–396. <https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1742291>.
- Malcolm, J. G., Rindler, R. S., Chu, J. K., Chokshi, F., Grossberg, J. A., Pradilla, G., & Ahmad, F. U. (2018). Early Cranioplasty is Associated with Greater Neurological Improvement: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosurgery*, 82(3), 278–288. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx182>.
- Mee, H., Anwar, F., Timofeev, I., Owens, N., Grieve, K., Whiting, G., Alexander, K., Kendrick, K., Helmy, A., Hutchinson, P., & Kolias, A. (2022). Cranioplasty: A Multidisciplinary Approach. *Frontiers in surgery*, 9, 864385. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.864385>.
- Nasi, D., & Dobran, M. (2020). Can early cranioplasty reduce the incidence of hydrocephalus after decompressive craniectomy? A meta-analysis. *Surgical neurology international*, 11, 94. https://doi.org/10.25259/SNI_120_2020.
- Pfnür, A., Tosin, D., Petkov, M., Sharon, O., Mayer, B., Wirtz, C. R., Knoll, A., & Pala, A. (2024). Exploring complications following cranioplasty after decompressive hemicraniectomy: A retrospective bicenter assessment of autologous, PMMA and CAD implants. *Neurosurgical review*, 47(1), 72. <https://doi.org/10.1007/s10143-024-02309-z>.

Shafiei, M., Sourani, A., Saboori, M., Aminmansour, B., & Mahram, S. (2021). Comparison of subcutaneous pocket with cryopreservation method for storing autologous bone flaps in developing surgical wound infection after Cranioplasty: A randomized clinical trial. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 91, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.06.042>.

Shepetovsky, D., Mezzini, G., & Magrassi, L. (2021). Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical review*, 44(6), 3125–3142. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01511-7>.

Songara, A., Gupta, R., Jain, N., Rege, S., & Mansand, R. (2016). Early Cranioplasty in Patients With Posttraumatic Decompressive Craniectomy and Its Correlation with Changes in Cerebral Perfusion Parameters and Neurocognitive Outcome. *World neurosurgery*, 94, 303–308. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.07.003>.

Zhang, J., Deng, X., Yuan, Q., Fu, P., Wang, M., Wu, G., Yang, L., Yuan, C., Du, Z., & Hu, J. (2023). Staged or simultaneous operations for ventriculoperitoneal shunt and cranioplasty: Evidence from a meta-analysis. *CNS neuroscience & therapeutics*, 29(11), 3136–3149. <https://doi.org/10.1111/cns.14347>.

Zhou, Q., Shen, W., Zhou, Z., Yang, X., & Wen, L. (2022). Is simultaneous cranioplasty with cerebrospinal fluid shunts implantation as safe as staged procedures?. *Frontiers in neurology*, 13, 995897. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.995897>.