

# Reconstrucción óculo-orbitaria en traumatismo severo: revisión sistemática del abordaje diagnóstico y quirúrgico desde urgencias, oftalmología y cirugía plástica

María Victoria Rojas Ramírez<sup>1</sup>, Lina Maryudi Rodríguez López<sup>2</sup>

1-María Victoria Rojas Ramírez, Universidad del Valle, maria.victoria.rojas@correounivalle.edu.co

2-Lina Maryudi Rodríguez López, Universidad del Tolima, linismrl@gmail.com

## Historia del Artículo:

Recibido: Febrero 2025

Aceptado: Septiembre 2025

Publicado: Enero 2026

**Palabras Clave:** Traumatismo óculo-orbitario severo; Reconstrucción óculo-orbitaria; Manejo quirúrgico en trauma facial; Fracturas orbitarias complejas; Implantes a medida; Cirugía plástica reconstructiva facial; Cirugía oftálmica; BETT; Evaluación funcional y estética postraumática; Complicaciones quirúrgicas orbitarias; Evaluación postoperatoria integral; Intervención especializada en contexto de Politrauma.

**Keywords:** *Severe oculo-orbital trauma; Oculo-orbital reconstruction; Surgical management in facial trauma; Complex orbital fractures; Patient-specific implants; Facial reconstructive plastic surgery; Ophthalmic surgery; BETT; Post-traumatic functional and aesthetic evaluation; Orbital surgical complications; Comprehensive postoperative assessment; Specialized intervention in polytrauma settings.*

## Resumen

El traumatismo óculo-orbitario severo representa una entidad médica de alta complejidad que compromete la integridad anatómica y funcional del globo ocular y sus estructuras adyacentes, con alto riesgo de secuelas visuales, estéticas y vitales. Ante la falta de protocolos estandarizados, esta revisión sistemática tuvo como objetivo identificar y sintetizar la evidencia más reciente sobre las estrategias diagnósticas y reconstructivas aplicadas en contextos de urgencia, oftalmología y cirugía plástica. Se realizó una búsqueda estructurada en nueve bases de datos científicas, incluyendo estudios publicados entre enero de 2020 y marzo de 2025. Se excluyeron 228 artículos por antigüedad y 59 por no cumplir los criterios temáticos o metodológicos. Finalmente, se incluyeron 37 estudios en la síntesis cualitativa. Los hallazgos muestran que la reconstrucción especializada mediante planificación virtual, navegación quirúrgica e implantes personalizados mejora significativamente los desenlaces funcionales y estéticos, con menor tasa de complicaciones y necesidad de reintervenciones. La intervención temprana y la coordinación multidisciplinaria desde urgencias son determinantes clave del pronóstico. Se destaca la necesidad de establecer guías clínicas basadas en evidencia que estandaricen el abordaje quirúrgico del trauma óculo-orbitario severo.

## Abstract

*Severe oculo-orbital trauma is a highly complex medical condition that compromises the anatomical and functional integrity of the globe and its adjacent structures, carrying a high risk of visual, aesthetic, and life-threatening sequelae. In the absence of standardized protocols, this systematic review aimed to identify and synthesize the most recent evidence on diagnostic and reconstructive strategies applied in emergency, ophthalmology, and plastic surgery settings. A structured search was conducted across nine scientific databases, including studies published between January 2020 and March 2025. A total of 228 articles were excluded due to publication date and 59 for not meeting thematic or methodological criteria. Ultimately, 37 studies were included in the qualitative synthesis. Findings indicate that specialized reconstruction using virtual planning, surgical navigation, and patient-specific implants significantly improves functional and aesthetic outcomes, with lower complication rates and reduced need for reintervention. Early intervention and multidisciplinary coordination from the emergency setting are key determinants of prognosis. The need to establish evidence-based clinical guidelines to standardize the surgical management of severe oculo-orbital trauma is emphasized.*

## \* Autor para correspondencia:

María Victoria Rojas Ramírez, Universidad del Valle, maria.victoria.rojas@correounivalle.edu.co

## Cómo citar:

Rojas et al. Reconstrucción óculo-orbitaria en traumatismo severo: revisión sistemática del abordaje diagnóstico y quirúrgico desde urgencias, oftalmología y cirugía plástica S&EMJ. Año 2026; Vol.6: 17-33.

## Introducción

El traumatismo óculo-orbitario severo constituye una entidad médica de alta complejidad, caracterizada por compromiso funcional, estético y potencialmente vital. Se define como cualquier lesión mecánica que compromete de manera significativa la integridad anatómica o funcional del globo ocular y/o de las estructuras orbitarias, con alto riesgo de pérdida visual permanente(1,2). Este tipo de trauma incluye lesiones como ruptura del globo ocular, laceraciones penetrantes, fracturas orbitarias complejas, compromiso del nervio óptico y hemorragias intraorbitarias extensas.

En este contexto, la atención inicial en el servicio de urgencias es determinante. Una valoración precoz, sistemática y orientada permite no solo estabilizar al paciente, sino también preservar estructuras anatómicas clave y prevenir complicaciones que condicionan el pronóstico funcional y reconstructivo.

El diagnóstico inicial puede apoyarse en sistemas de clasificación como *Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT)*, que clasifica el trauma ocular según el compromiso de la pared ocular (esclera), diferenciándolo en abierto o cerrado(3,4). Esta nomenclatura ha sido ampliada por la clasificación de Kuhn et al.(5), que introduce subtipos anatómicos y mecanísticos con mayor precisión, permitiendo una caracterización reproducible de las lesiones y facilitando la toma de decisiones clínicas y quirúrgicas, y estandarizan la comunicación clínica y científica.

La reconstrucción orbitofacial, indicada en casos con pérdida de soporte estructural o alteración de la proyección facial,, requiere una planificación interdisciplinaria entre oftalmología, cirugía plástica, y en determinados casos, neurocirugía o cirugía maxilofacial.

En la última década, el manejo del trauma óculo-orbitario ha evolucionado significativamente con la incorporación de herramientas como la planificación quirúrgica virtual, los implantes personalizados mediante impresión 3D(6,7) y los sistemas de navegación en tiempo real(8,9), que han elevado los estándares de precisión y predicción quirúrgica. Paralelamente, el desarrollo de técnicas como la endoscopia intraocular ha demostrado resultados prometedores en el abordaje de lesiones complejas, especialmente en entornos clínicos terciarios donde se requiere acceso preciso y mínimamente invasivo a estructuras internas del globo ocular(10). Además, el uso emergente de la nanotecnología en el tratamiento de quemaduras químicas o térmicas representa una frontera terapéutica innovadora con potencial en contextos de trauma ocular severo(11). Estas innovaciones se insertan en una tendencia global hacia la estandarización de los abordajes y la optimización de

los resultados clínicos y visuales en lesiones oculares graves.

A pesar de estos avances, aún no se ha establecido un consenso clínico robusto sobre las estrategias óptimas de reconstrucción en el contexto del trauma óculo-orbitario severo, particularmente en escenarios de urgencia vital o con compromiso sistémico. Ante esta falta de estandarización, resulta esencial identificar qué técnicas han demostrado mayor eficacia clínica y qué combinaciones quirúrgicas ofrecen mejores desenlaces funcionales y estéticos.

Por ello, esta revisión sistemática tiene como objetivo sintetizar la evidencia más reciente sobre las estrategias diagnósticas y reconstructivas aplicadas al trauma óculo-orbitario severo, evaluando su eficacia clínica, seguridad, y aplicabilidad en entornos de urgencias y atención especializada.

## Introduction

*Severe oculo-orbital trauma is a highly complex medical condition characterized by functional, aesthetic, and potentially life-threatening compromise. It is defined as any mechanical injury that significantly affects the anatomical or functional integrity of the globe and/or orbital structures, with a high risk of permanent visual loss (1,2). This type of trauma includes injuries such as globe rupture, penetrating lacerations, complex orbital fractures, optic nerve involvement, and extensive intraorbital hemorrhages.*

*In this context, initial management in the emergency department is critical. Early, systematic, and targeted assessment not only allows patient stabilization but also helps preserve key anatomical structures and prevent complications that determine functional and reconstructive outcomes.*

*Initial diagnosis can be supported by classification systems such as the Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT), which categorizes ocular trauma based on involvement of the eye wall (sclera), distinguishing between open and closed injuries (3,4). This nomenclature has been expanded by the classification proposed by Kuhn et al. (5), which introduces more precise anatomical and mechanistic subtypes, enabling reproducible characterization of injuries, facilitating clinical and surgical decision-making, and standardizing clinical and scientific communication.*

*Orbitofacial reconstruction, indicated in cases involving loss of structural support or altered facial projection, requires interdisciplinary planning among ophthalmology, plastic surgery, and, in certain cases, neurosurgery or maxillofacial surgery.*

*Over the past decade, the management of oculo-orbital trauma has evolved significantly with the*

*incorporation of tools such as virtual surgical planning, patient-specific implants produced through 3D printing (6,7), and real-time surgical navigation systems (8,9), all of which have raised standards of precision and surgical predictability. In parallel, the development of techniques such as intraocular endoscopy has shown promising results in the management of complex injuries, particularly in tertiary care settings where precise and minimally invasive access to intraocular structures is required (10). Additionally, the emerging use of nanotechnology in the treatment of chemical or thermal burns represents an innovative therapeutic frontier with potential applications in severe ocular trauma (11). These advances align with a global trend toward standardizing approaches and optimizing clinical and visual outcomes in severe ocular injuries.*

*Despite these advancements, a robust clinical consensus on optimal reconstructive strategies in severe oculo-orbital trauma—particularly in emergency or systemically compromised patients—has yet to be established. Given this lack of standardization, it is essential to identify which techniques have demonstrated the greatest clinical effectiveness and which surgical combinations provide the best functional and aesthetic outcomes.*

*Therefore, this systematic review aims to synthesize the most recent evidence on diagnostic and reconstructive strategies for severe oculo-orbital trauma, evaluating their clinical effectiveness, safety, and applicability in emergency and specialized care settings.*

## Objetivo

Identificar y sintetizar las pautas actuales de evaluación y reconstrucción óculo-orbitaria en traumatismos severos de presentación fatal, desde el abordaje inicial en urgencias hasta la intervención especializada por oftalmología y cirugía plástica, mediante una revisión sistemática de la literatura.

## Objective

*To identify and synthesize current guidelines for the evaluation and oculo-orbital reconstruction of severe trauma with life-threatening presentation, from initial emergency department management to specialized intervention by ophthalmology and plastic surgery, through a systematic review of the literature.*

## Metodología

Esta revisión sistemática se desarrolló conforme a las directrices PRISMA 2020. Se realizó una búsqueda en PubMed, Scopus, Embase, Web of Science, SciELO, LILACS, Cochrane Library, CINAHL y ClinicalTrials.gov, incluyendo estudios publicados entre enero de 2020 y

marzo de 2025.

## Criterios de selección

Se incluyeron estudios en inglés o español, realizados en humanos, con diseño clínico (ensayos, estudios observacionales, revisiones sistemáticas con metodología explícita, metaanálisis o series de casos), enfocados en el abordaje quirúrgico y reconstructivo del trauma óculo-orbitario severo.

Se excluyeron estudios publicados antes de 2020, aquellos centrados exclusivamente en trauma ocular leve, investigaciones en modelos animales y publicaciones sin metodología sistemática (revisiones narrativas, editoriales o cartas al editor).

## Proceso de selección de estudios

Se identificaron 324 estudios mediante la búsqueda electrónica. Tras la eliminación de registros por criterio temporal (n = 228), se evaluaron 96 estudios por título y resumen, excluyéndose 24 por no cumplir criterios temáticos. Posteriormente, se revisaron 72 textos completos, de los cuales 35 fueron excluidos por no cumplir los criterios de inclusión (principalmente por uso de modelos animales, trauma leve o ausencia de intervención reconstructiva). Finalmente, se incluyeron 37 estudios en la síntesis cualitativa. La selección fue realizada por dos revisores independientes, con resolución de discrepancias mediante consenso o la intervención de un tercer evaluador.

## Extracción de datos y evaluación de calidad

La extracción de datos se realizó de forma independiente por dos revisores mediante una hoja estandarizada en Microsoft Excel. Se recolectaron variables como autor, año, país, diseño del estudio, tamaño muestral, características del trauma, clasificación según BETT, tipo de intervención, resultados funcionales y estéticos, complicaciones, seguimiento y agudeza visual mejor corregida (AVMC) pre y postoperatoria.

La calidad metodológica y el riesgo de sesgo fueron evaluados según el diseño del estudio utilizando herramientas validadas: CASPe para ensayos clínicos, STROBE para estudios observacionales, PRISMA para revisiones sistemáticas y QUADAS-2 para estudios diagnósticos. Los estudios fueron clasificados como de alta, moderada o baja calidad metodológica.

## Síntesis de la evidencia

Debido a la heterogeneidad en los diseños, intervenciones y variables de resultado, no fue posible realizar un metaanálisis. Se llevó a cabo una síntesis cualitativa de la evidencia, organizando los resultados de forma temática según tipo de trauma, estrategia reconstructiva, resultados funcionales (AVMC),

resultados estéticos y complicaciones.

**Methods**

This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. A comprehensive search was performed in PubMed, Scopus, Embase, Web of Science, SciELO, LILACS, the Cochrane Library, CINAHL, and ClinicalTrials.gov, including studies published between January 2020 and March 2025.

**Selection Criteria**

Studies published in English or Spanish, conducted in humans, and with a clinical design (clinical trials, observational studies, systematic reviews with explicit methodology, meta-analyses, or case series) were included. All selected studies focused on the surgical and reconstructive management of severe oculo-orbital trauma.

Studies published prior to 2020, those focused exclusively on mild ocular trauma, research involving animal models, and publications without systematic methodology (narrative reviews, editorials, or letters to the editor) were excluded.

**Study Selection Process**

A total of 324 studies were identified through

electronic search. After applying the temporal exclusion criterion (n = 228), 96 studies were screened by title and abstract, with 24 excluded for not meeting thematic criteria. Subsequently, 72 full-text articles were assessed, of which 35 were excluded for not meeting inclusion criteria (primarily due to the use of animal models, mild trauma focus, or absence of reconstructive intervention).

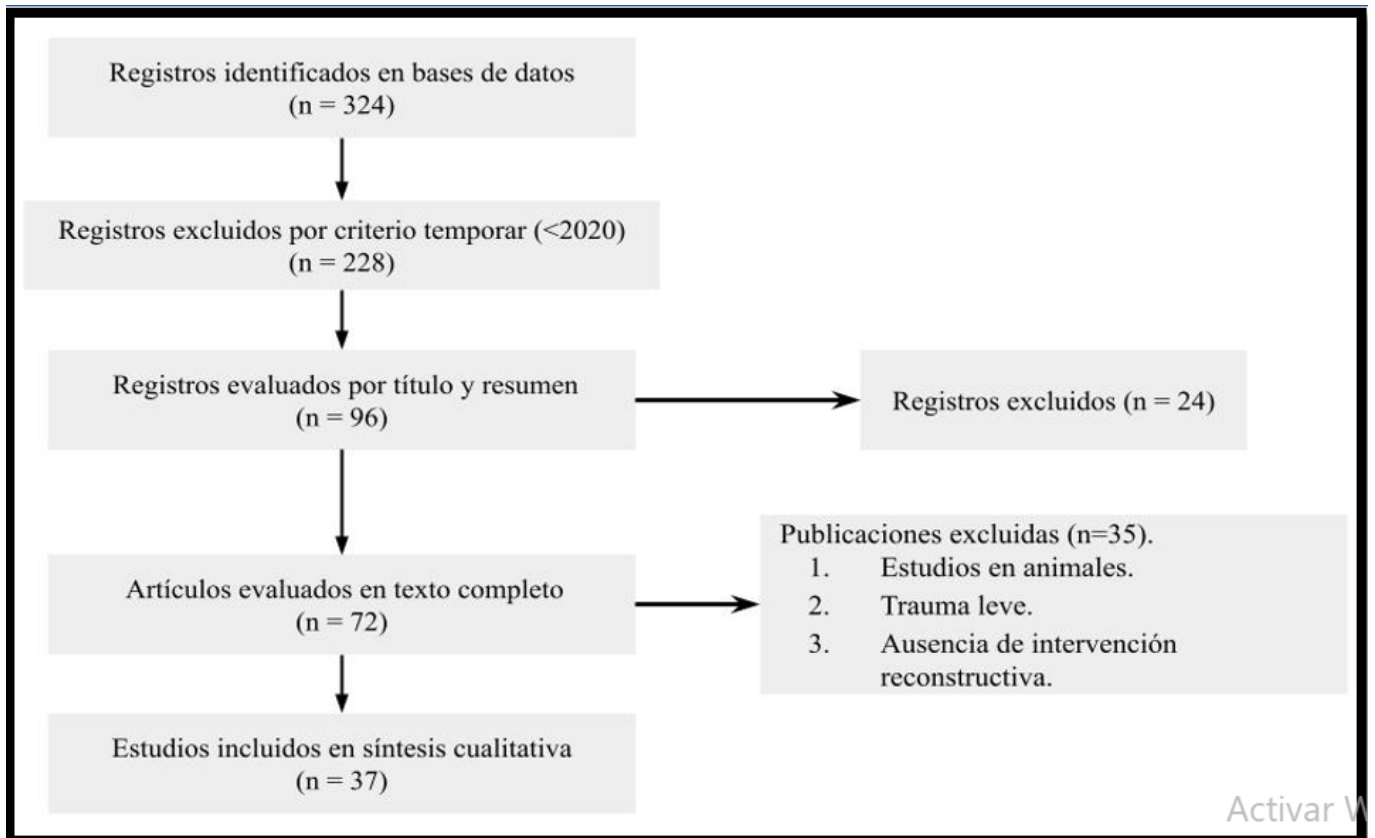
Ultimately, 37 studies were included in the qualitative synthesis. Study selection was conducted independently by two reviewers, with discrepancies resolved through consensus or consultation with a third evaluator.

**Data Extraction and Quality Assessment**

Data extraction was performed independently by two reviewers using a standardized Microsoft Excel form. Variables collected included author, year, country, study design, sample size, trauma characteristics, classification according to BETT, type of intervention, functional and aesthetic outcomes, complications, follow-up, and pre- and postoperative best-corrected visual acuity (BCVA).

Methodological quality and risk of bias were assessed according to study design using validated tools: CASPe for clinical trials, STROBE for observational studies, PRISMA for systematic reviews, and QUADAS-2 for

**Diagrama 1:** Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios conforme a las directrices PRISMA 2020



**Fuente:** Elaboración propia de los autores para fines de este estudio, basados en metodología PRISMA 2020.

*diagnostic studies. Studies were classified as high, moderate, or low methodological quality.*

## Evidence Synthesis

*Due to heterogeneity in study designs, interventions, and outcome variables, a meta-analysis was not feasible. Therefore, a qualitative synthesis of the evidence was conducted, organizing results thematically according to type of trauma, reconstructive strategy, functional outcomes (BCVA), aesthetic outcomes, and complications.*

## Conclusión

El manejo del trauma óculo-orbitario severo requiere un enfoque multidisciplinario temprano apoyado en evaluación clínica sistemática e imagenología oportuna. La reconstrucción asistida por tecnología emerge como un estándar en evolución que mejora los resultados clínicos; sin embargo, su implementación debe adaptarse al contexto asistencial. Se requieren guías clínicas basadas en evidencia que estandaricen el abordaje integral de esta entidad.

## Conclusion

*The management of severe oculo-orbital trauma requires an early multidisciplinary approach supported by systematic clinical evaluation and timely imaging. Technology-assisted reconstruction is emerging as an evolving standard that improves clinical outcomes; however, its implementation must be adapted to the healthcare setting. Evidence-based clinical guidelines are needed to standardize the comprehensive management of this condition.*

## Resultados esperados

Se espera que la evidencia analizada demuestre que la reconstrucción quirúrgica especializada en el trauma óculo-orbitario severo, realizada por equipos multidisciplinarios que integran oftalmología y cirugía plástica, se asocia con mejores desenlaces funcionales y estéticos en comparación con abordajes convencionales o diferidos.

Asimismo, se prevé identificar que el uso de tecnologías avanzadas como la planificación quirúrgica virtual, la navegación asistida por imagen y los implantes personalizados contribuye a una mayor precisión reconstructiva, mejor restauración del volumen orbitario y menor tasa de complicaciones postoperatorias.

Se espera también evidenciar que la intervención temprana, especialmente dentro de las primeras 24-48 horas en escenarios seleccionados, se correlaciona con una mejor preservación de la función visual, menor incidencia de secuelas como diplopía o enoftalmos, y

reducción en la necesidad de reintervenciones.

Adicionalmente, se anticipa que la implementación de protocolos estructurados desde el servicio de urgencias, basados en evaluación clínica sistemática y apoyo imagenológico oportuno, mejora la toma de decisiones terapéuticas y optimiza el pronóstico global del paciente.

Finalmente, se espera que los hallazgos permitan identificar vacíos en la literatura actual y respalden la necesidad de desarrollar guías clínicas estandarizadas para el manejo integral del trauma óculo-orbitario severo.

## Caracterización clínica del trauma óculo-orbitario severo

El trauma óculo-orbitario severo se presenta predominantemente en contextos de alta energía, como explosiones, accidentes de tránsito y agresiones con objetos penetrantes, representando estos mecanismos entre el 64 % y el 84 % de los casos, especialmente en entornos militares o industriales (12,13).

La coexistencia con traumatismo craneoencefálico se ha reportado hasta en el 40 % de los pacientes, lo que agrava el pronóstico neurológico y oftalmológico(12).

Las principales categorías y subtipos de trauma ocular se resumen en la **Tabla 1**.

## Bases anatómicas aplicadas al trauma óculo-orbitario

La órbita es una cavidad ósea con forma de pirámide cuadrangular formada por siete huesos: frontal, cigomático, maxilar, esfenoides, etmoides, palatino y lagrimal. arquitectura alberga el globo ocular, seis músculos extraoculares, el nervio óptico, vasos y tejido adiposo. Las paredes más delgadas, especialmente el piso y la pared medial, son las más vulnerables a fracturas por mecanismos de estallido(14). Esta compleja organización anatómica y la disposición de sus paredes óseas se ilustran en la Figura 1A,B (15).

El globo ocular, suspendido en esta cavidad, está constituido por tres capas principales: la capa externa (córnea y esclera), la media (úvea: iris, cuerpo ciliar y coroides), y la interna (retina). El sistema lagrimal, los párpados y el aparato canalicular complementan la protección y el mantenimiento funcional de la superficie ocular.

## Mecanismos fisiopatológicos del trauma óculo-orbitario

El daño ocasionado por el traumatismo óculo-orbitario severo depende de la energía transmitida, la velocidad del impacto, la naturaleza del agente causal

**Tabla 1.** Clasificación del trauma ocular según Kuhn et al. (1996)

Tipo de trauma	Subtipo	Definición	Mecanismo
Trauma de globo cerrado	Contusión	Lesión sin herida de espesor completo de la pared ocular (esclera/córnea).	Impacto romo sin ruptura del globo ocular.
	Laceración lamelar	Herida de espesor parcial de la córnea o esclera.	Causado por objeto afilado o trauma tangencial.
Trauma de globo abierto	Ruptura	Herida de espesor completo de la pared ocular, causada por un objeto romo. El globo se rompe desde dentro hacia fuera por aumento brusco de presión intraocular.	Fuerza romo → aumento súbito de PIO.
	Laceración	Herida de espesor completo, causada por un objeto afilado (de fuera hacia dentro).	Objeto afilado que corta la pared ocular.
	→ Penetrante	Laceración con una sola herida de entrada.	Objeto afilado penetra sin salir del globo.
	→ Perforante	Laceración con dos heridas (entrada y salida) causadas por el mismo objeto.	Objeto atraviesa completamente el globo.
	→ Cuerpo extraño intraocular (IOFB)	Laceración con objeto extraño retenido dentro del globo.	Similar a penetrante, pero con objeto residual.

**Fuente:** Tomado de Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Heimann K. *A standardized classification of ocular trauma*. Ophthalmology. 1996.

y la superficie de contacto. Estos factores determinan el tipo de lesión, que puede clasificarse en contusa, penetrante, perforante, vascular o secundaria a quemaduras químicas o térmicas, comprometiendo desde la superficie ocular hasta estructuras profundas del globo ocular y la órbita(1,3,16)

En el trauma contuso, el aumento súbito de la presión intraocular secundario a impacto romo puede generar ruptura escleral, hifema o desprendimiento de retina, además de fracturas orbitarias por transmisión de energía hacia las paredes óseas. Por su parte, el trauma penetrante o perforante implica la violación directa de las tunicas oculares, con riesgo de infección intraocular y compromiso del nervio óptico.

Las lesiones vasculares, como la hemorragia retrobulbar, pueden incrementar la presión intraorbitaria y comprometer la perfusión del nervio óptico y la arteria central de la retina, con riesgo de pérdida visual irreversible(17). Asimismo, la neuropatía óptica traumática puede producirse por lesión directa o por compresión secundaria a edema o hematoma(18).

Las quemaduras químicas y térmicas ocasionan daño tisular profundo, con alteraciones estructurales que pueden comprometer de forma permanente la superficie ocular y la función visual, con consecuencias devastadoras para la función visual y el pronóstico reconstructivo(19).

Las principales características fisiopatológicas, estructuras comprometidas y manifestaciones clínicas

asociadas a cada tipo de lesión se resumen en la **Tabla 2**.

### Impacto de la atención en urgencias sobre el pronóstico visual y estructural

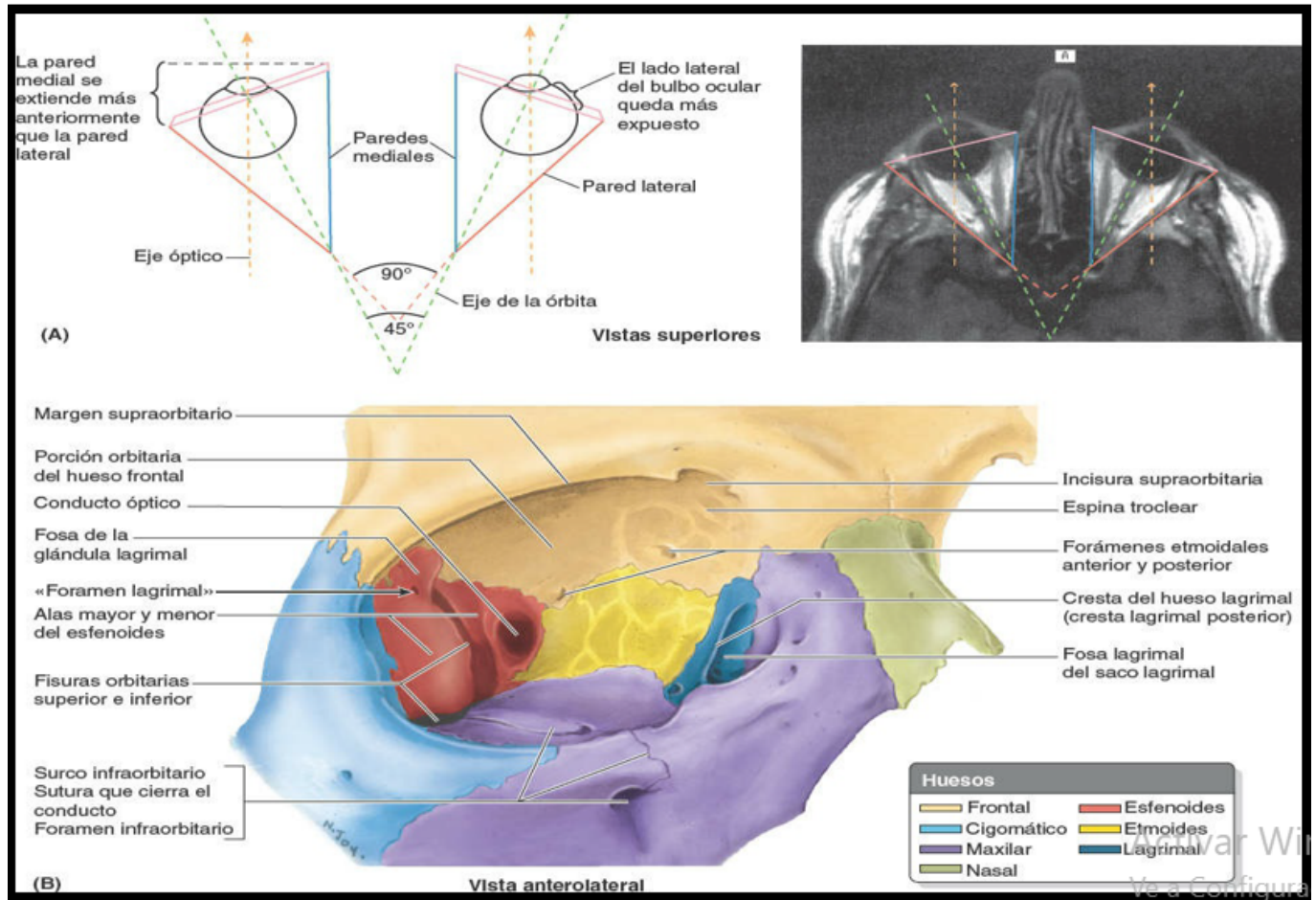
La atención en urgencias representa el primer punto crítico en el manejo del trauma óculo-orbitario severo. La calidad de esta intervención condiciona directamente la evolución funcional, estructural y estética del paciente. La evaluación oportuna por oftalmología y cirugía plástica dentro de las primeras 12-24 horas permite preservar estructuras nobles, evitar complicaciones y planificar la reconstrucción (9,20).

Estudios observacionales en América Latina han reportado que la ausencia de intervención especializada temprana se asocia con mayor tasa de enucleación, retrasos quirúrgicos (>72 h), diplopía residual y deformidad orbitofacial persistente(21,22).

*El protocolo de manejo inicial incluye:*

1. Estabilización vital: aplicar el enfoque ABC según guías ATLS, priorizando el control de la vía aérea y la estabilización hemodinámica.
2. Evaluación oftalmológica rápida: percepción luminosa, agudeza visual, reflejo fotomotor y motilidad ocular.
3. Examen anatómico dirigido: inspección de párpados, globo ocular y tejidos perioculares.
4. Protección ocular inmediata: colocar escudo rígido

**Figura 1.** Órbitas y ubicación en ellas de los bulbos oculares. A) Obsérvese la disposición de las órbitas entre sí y con respecto a los ejes ópticos (línea de mirada). Las órbitas están separadas por celdillas etmoidales y la parte superior del septo y la cavidad nasal. B) Paredes óseas de la órbita. La vista anterolateral ofrece una imagen de la órbita y el vértice, que se encuentran en el plano sagital y no se aprecian bien en la vista anterior.



**Fuente:** Tomado de Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Anatomía con orientación clínica*. 7ª ed. Elsevier; 2013.

ante la sospecha de ruptura de globo.

5. Neuroimagen temprana: tomografía computarizada orbitocraneal de alta resolución sin contraste ante sospecha de fractura, proptosis, cuerpo extraño o hematoma retrobulbar.

6. Tratamiento inicial adyuvante: analgesia, antibioticoterapia profiláctica y profilaxis antitetánica según el caso.

### Signos de alarma para remisión urgente:

- Proptosis dolorosa con pérdida visual (síndrome compartimental orbitario).
- Pupila irregular con aspecto de "pico de cerradura" (ruptura escleral).
- Diplopía en posición primaria (fractura con atrapamiento muscular).
- Quemaduras de segundo o tercer grado con exposición ocular.

En contraste, los protocolos multidisciplinares implementados en centros de trauma y hospitales militares muestran que la coordinación entre

urgencias, oftalmología y cirugía plástica reduce las complicaciones en más del 50 %, acorta el tiempo quirúrgico y mejora los índices de preservación visual (9,13).

### Algoritmo de manejo inicial del trauma óculo-orbitario

La secuencia de evaluación y toma de decisiones clínicas en urgencias se resume en la **Figura 2**, que integra la valoración inicial, la identificación de escenarios críticos y la activación del manejo multidisciplinario. Ringer (solución de Ringer); DAD (dextrosa al 5 % en agua destilada); ATB (antibiótico[s]); Diagrama de flujo que resume la evaluación rápida y sistemática del paciente con sospecha de compromiso ocular/orbitario (ABCD del ATLS), la identificación de escenarios críticos —quemadura química, síndrome compartimental orbitario y sospecha de globo abierto o cuerpo extraño intraocular—, la selección oportuna de estudios de imagen y la activación temprana del manejo multidisciplinario (oftalmología y cirugía plástica) idealmente dentro de las primeras 12-24

**Tabla 2.** Resumen fisiopatología del trauma óculo-orbitario según mecanismo de lesión

Tipo de trauma	Mecanismo fisiopatológico	Estructuras afectadas	Manifestaciones clínicas	Hallazgos clave
Trauma contuso	Aumento súbito de presión intraocular por impacto romo	Globo ocular, retina, cristalino, órbita	Dolor, disminución visual, diplopía	Hifema, ruptura escleral, desprendimiento de retina, fractura de piso orbitario
Trauma penetrante	Entrada de objeto que atraviesa ténicas oculares	Córnea, esclera, retina, vítreo	Dolor intenso, pérdida visual, pupila irregular	Herida abierta, posible cuerpo extraño intraocular
Trauma perforante	Trayecto completo con entrada y salida	Globo ocular completo	Pérdida visual severa	Lesión transfixiante del globo
Ruptura de globo	Estallido por aumento extremo de presión intraocular	Esclera, córnea	Disminución visual severa, deformidad ocular	Colapso del globo, signo de Seidel
Lesión vascular	Hemorragia retrobulbar y aumento de presión intraorbitaria	Nervio óptico, arteria central de la retina	Proptosis, dolor, pérdida visual aguda	Hematoma retrobulbar, síndrome compartimental orbitario
Neuropatía óptica traumática	Lesión directa o compresiva del nervio óptico	Nervio óptico	Disminución visual súbita	Alteración pupilar aferente
Quemaduras químicas	Necrosis tisular por agentes cáusticos	Superficie ocular, conjuntiva, córnea	Dolor, hiperemia, pérdida epitelial	Opacidad corneal, daño limbar
Quemaduras térmicas	Daño por calor directo	Párpados, conjuntiva, córnea	Necrosis, exposición ocular	Simbléfaron, sinequias, queratopatía

**Fuente:** Tomado de Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Heimann K. *A standardized classification of ocular trauma*. Ophthalmology. 1996.

horas; el algoritmo enfatiza la irrigación inmediata y normalización de pH en quemaduras químicas, la canthotomía/cantólisis sin demora por imágenes en el síndrome compartimental orbitario, el uso exclusivo de escudo rígido cuando se sospecha globo abierto y la derivación a centro de referencia con documentación inicial estandarizada. Abreviaturas: ABCD (ATLS: vía aérea, respiración, circulación, estado neurológico; Advanced Trauma Life Support); TCE (trauma craneoencefálico); CEIO (cuerpo extraño intraocular); TAC (tomografía computarizada) órbito-craneal; SSN 0,9 % (solución salina normal); IV (intravenoso); NVO (nada vía oral); PIO (presión intraocular); Eco-B (ecografía ocular modo B); RM (resonancia magnética); V2 (rama maxilar del nervio trigémino/infraorbitario).

### Eficacia de la reconstrucción quirúrgica especializada

La evidencia disponible demuestra que la reconstrucción quirúrgica especializada es superior a las técnicas convencionales o diferidas. Doce estudios incluidos en esta revisión, entre ellos revisiones

sistemáticas y metaanálisis, evidencian mejores resultados funcionales y estéticos con el uso de tecnologías avanzadas (9-11)

Entre las estrategias más relevantes se incluyen los implantes personalizados impresos en 3D, la navegación quirúrgica asistida por imagen y la planificación virtual preoperatoria(12,14,23)

El protocolo **CONSORT** documentó una reducción del 33% en tasas de reintervención cuando se utilizó reconstrucción asistida por navegación(23). A su vez, los implantes personalizados ofrecieron restauración volumétrica precisa (error <1 mm<sup>3</sup>) y mejoraron los resultados estéticos percibidos por pacientes y cirujanos(12,23).

### Análisis de casos exitosos con seguimiento imagenológico

**Caso 1. Reconstrucción primaria de fractura orbitaria con malla preformada y navegación intraoperatoria (8)**



Paciente con trauma orbitario con compromiso del piso de la órbita, evaluado mediante tomografía computarizada de alta resolución, la cual permitió identificar el defecto óseo y planificar la intervención quirúrgica.

Se realizó planificación quirúrgica virtual a partir de imágenes DICOM, integradas a un sistema de navegación intraoperatoria. El procedimiento se llevó a cabo mediante abordaje transconjuntival complementado con acceso intraoral al seno maxilar, permitiendo visualización directa del defecto mediante técnica endoscópica.

Durante la intervención, se utilizó un sistema integrado de navegación virtual y endoscopia, que permitió identificar en tiempo real la localización de los instrumentos quirúrgicos y verificar la adecuada posición del material de reconstrucción dentro de la órbita. Esta integración facilitó el control preciso del límite posterior del piso orbitario y la correcta adaptación del implante.

El control postoperatorio mediante tomografía evidenció adecuada restauración anatómica del piso orbitario, con correcta posición del implante y adecuada adaptación en la región posterior de la órbita, lo cual se asocia con menor riesgo de complicaciones como diplopía o alteraciones en la posición del globo ocular.

## Caso 2. Reconstrucción primaria de fractura orbitaria con malla preformada y navegación intraoperatoria (24)

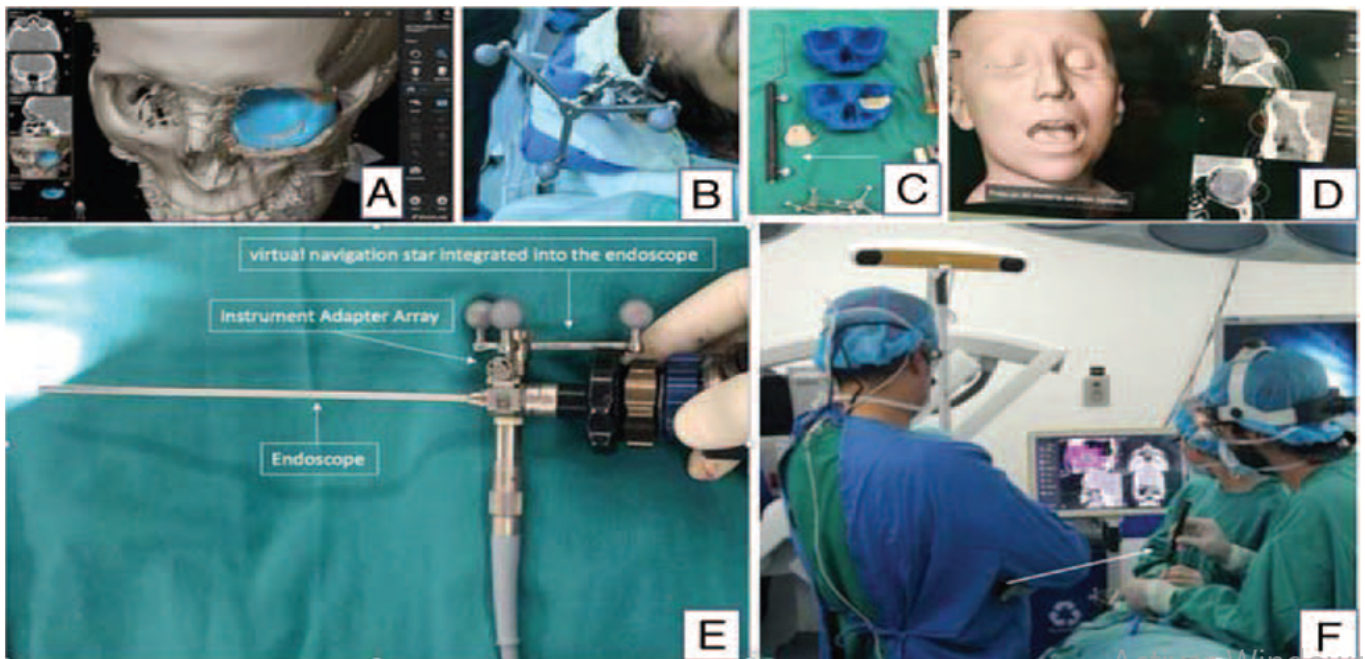
Se presenta una serie de casos reportada en la literatura en la que se evaluó la reconstrucción primaria de fracturas orbitarias inferomediales mediante un protocolo de cirugía asistida por computadora, que incluyó planificación virtual prequirúrgica y navegación intraoperatoria.

La planificación se realizó a partir de tomografía computarizada de alta resolución, utilizando reconstrucción tridimensional y técnica de espejo de la órbita contralateral sana para definir la anatomía ideal. Posteriormente, se posicionó de forma virtual una malla de titanio preformada, ajustándola al defecto orbitario mediante herramientas digitales.

Durante el procedimiento quirúrgico, se empleó abordaje transconjuntival con o sin extensión transcaruncular, utilizando un sistema de navegación intraoperatoria que permitió verificar en tiempo real la correcta ubicación del implante en relación con la planificación virtual. Se definieron puntos anatómicos de referencia intraoperatorios, incluyendo el reborde infraorbitario, la fisura orbitaria inferior y el borde óseo posterior.

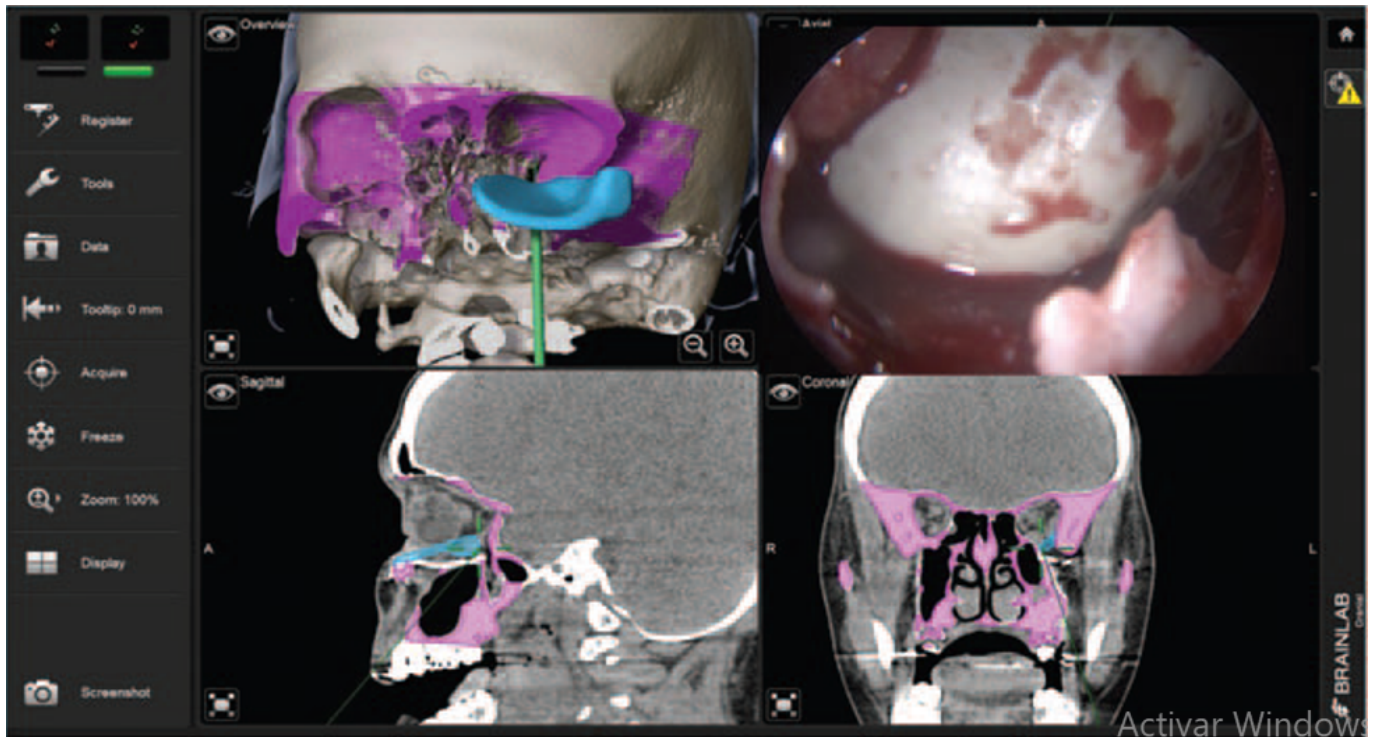
El control postoperatorio mediante tomografía

**Figura 3.** (A) Planificación virtual del implante personalizado del piso orbitario. (B) Fijación de la referencia craneal mediante un tornillo de 4 mm. (C) Flecha: puntero táctil. Modelo tridimensional impreso y implante personalizado del piso orbitario. (D) Puntos de registro del paciente tomados en la frente, hueso nasal y áreas óseas de la cara. (E) Flecha: puntero táctil. Verificación de la precisión de los puntos mediante el puntero. (F) Integración endoscópica para navegación virtual durante el procedimiento quirúrgico en tiempo real.



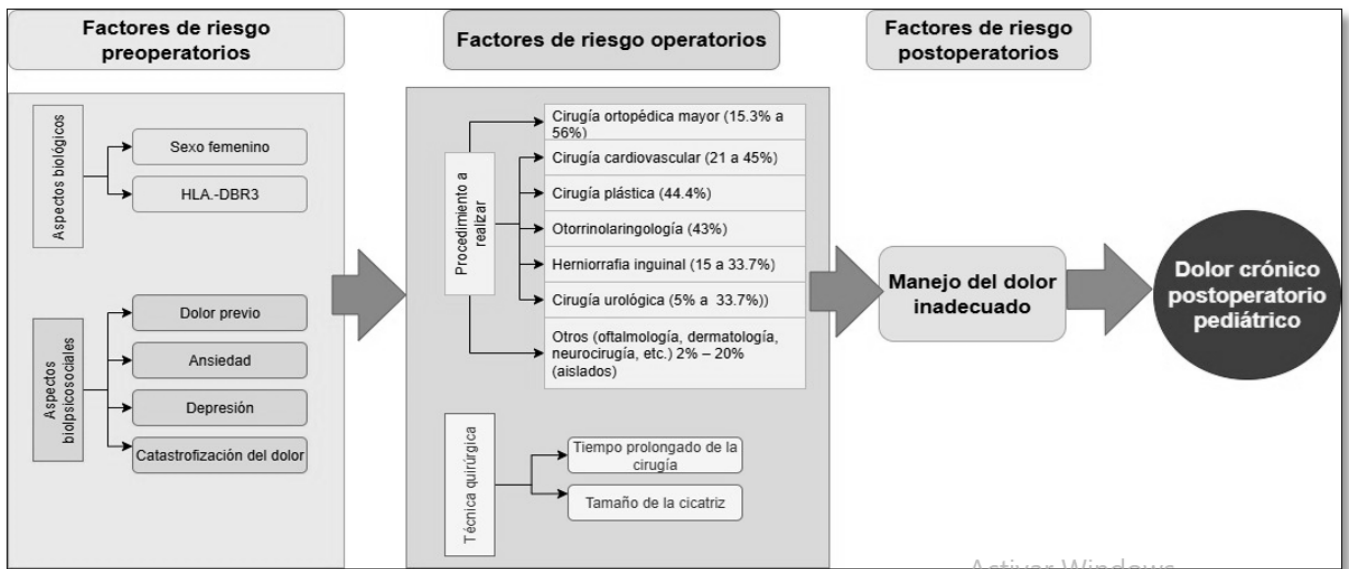
**Fuente:** Tomado de González LV, López JP, Valencia-Muñoz C, Arango A. *Virtual navigation endoscopically integrated into orbital trauma.* J Craniofac Surg. 2021;32(8):2851-2853.

**Figura 4.** Navegación virtual con integración endoscópica a través del seno maxilar, verificando la posición final del implante personalizado del piso orbitario.



**Fuente:** Tomado de González LV, López JP, Valencia-Muñoz C, Arango A. *Virtual navigation endoscopically integrated into orbital trauma.* J Craniofac Surg. 2021;32(8):2851-2853.

**Figura 5.** Resultado tomográfico de la adaptación anatómica posterior de la placa dentro de la órbita.

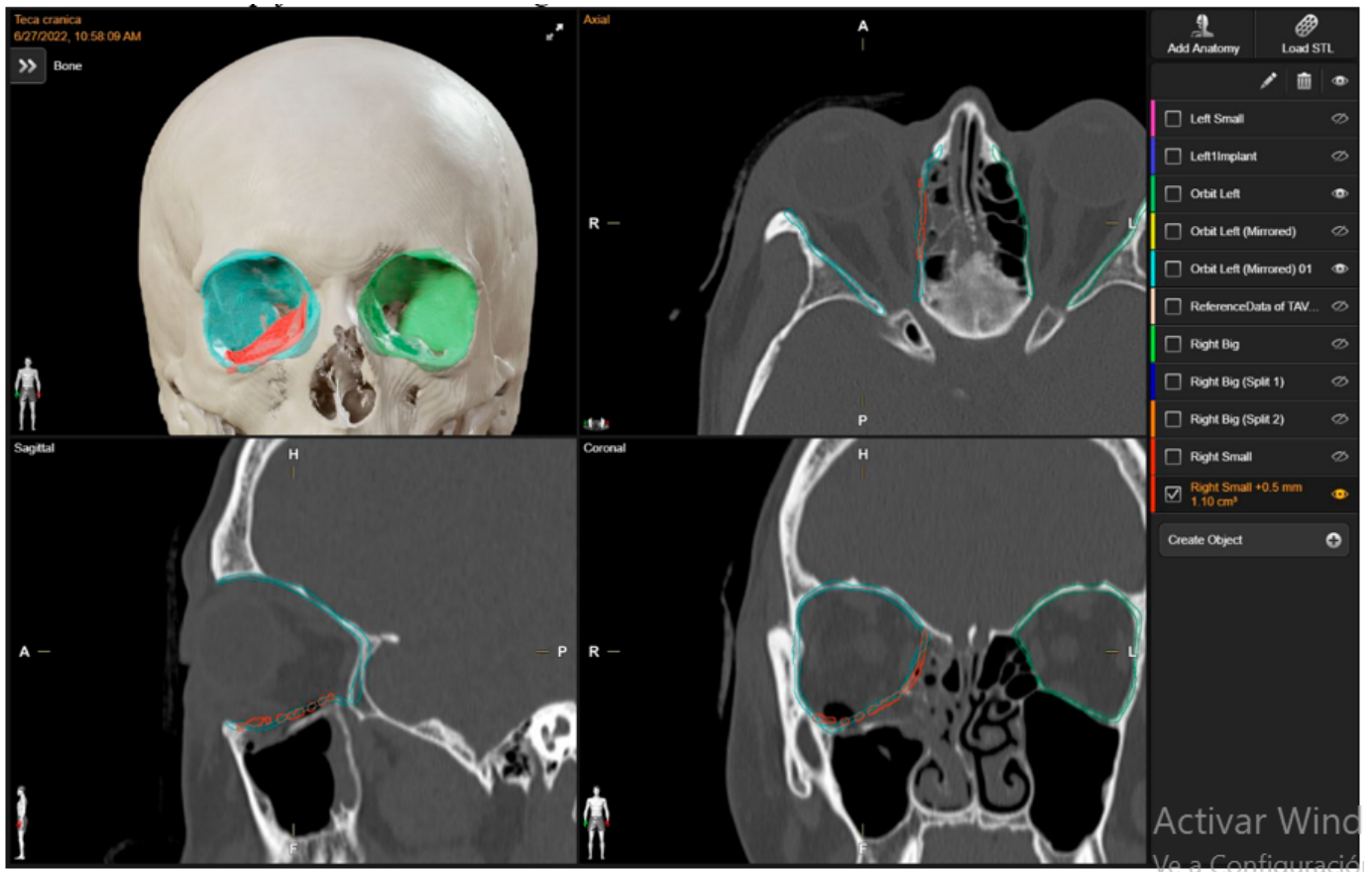


**Fuente:** Tomado de González LV, López JP, Valencia-Muñoz C, Arango A. *Virtual navigation endoscopically integrated into orbital trauma.* J Craniofac Surg. 2021;32(8):2851-2853.

evidenció una alta precisión en la reconstrucción, con una diferencia media de 0.69 mm entre la posición real del implante y la planificación virtual, así como una adecuada restauración del volumen orbitario con una diferencia promedio de 1.02 mL respecto a la órbita sana.

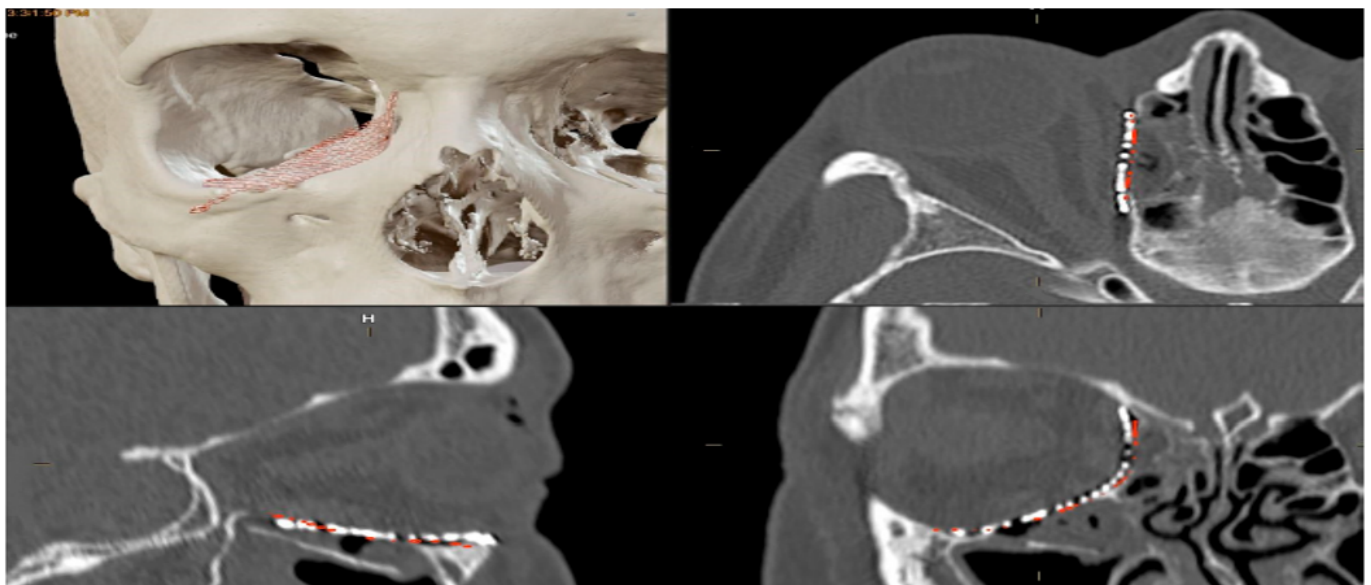
Clinicamente, se observó resolución completa de la diplopía en todos los pacientes y corrección del enoftalmos en la mayoría de los casos, sin reportarse complicaciones mayores.

**Figura 6.** Planificación virtual preoperatoria. Los archivos STL de la malla de titanio preformada en 3D se superpusieron virtualmente para alinearse con la "reconstrucción orbitaria ideal", obtenida utilizando como referencia el lado contralateral sano en espejo. En rojo: archivos STL de la malla de titanio preformada en 3D. Azul claro: órbita espejada. Verde: órbita segura.



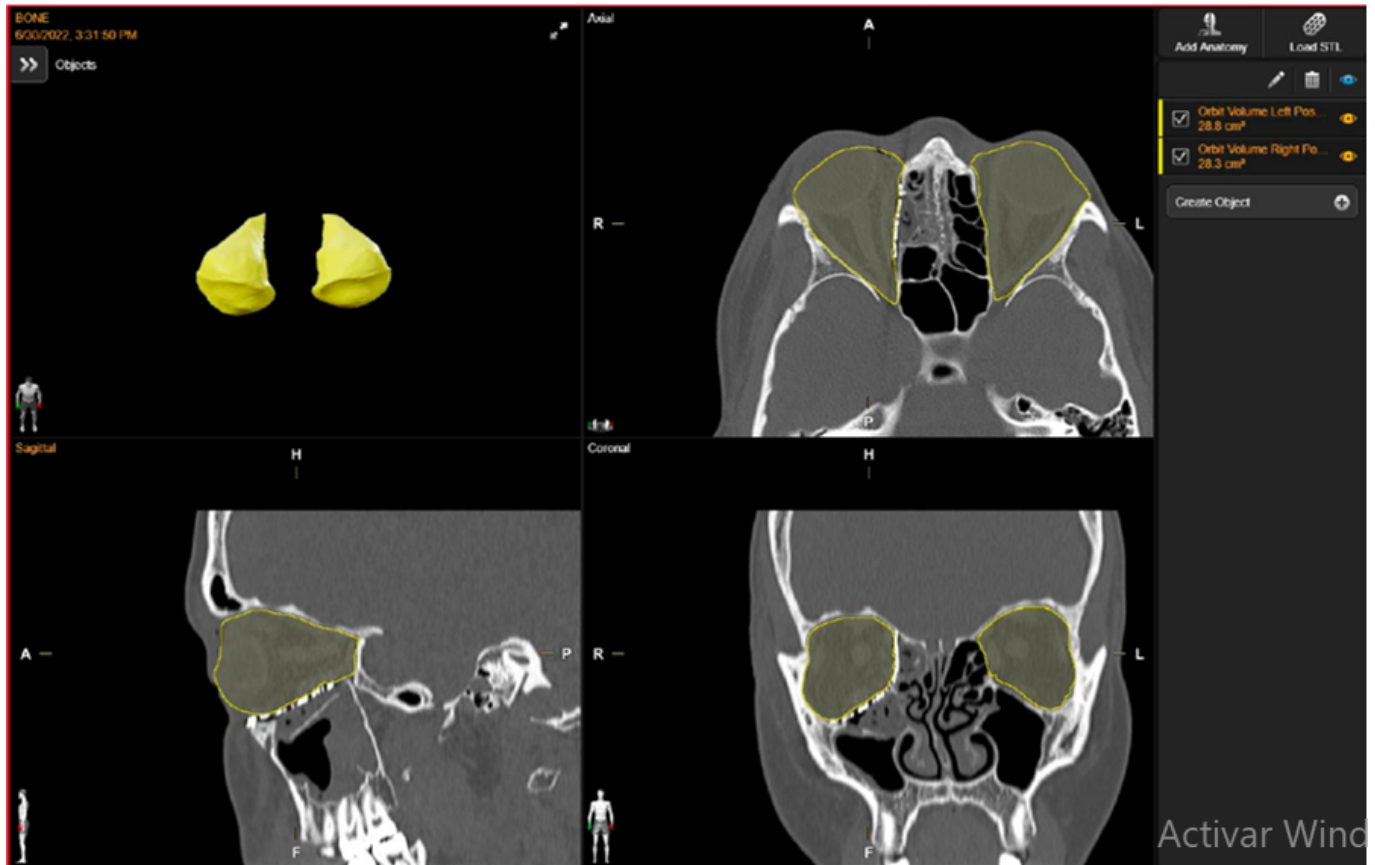
**Fuente:** Tomado de Consorti G, Monarchi G, Catarzi L. *Presurgical virtual planning and intraoperative navigation with 3D-preformed mesh: A new protocol for primary orbital fracture reconstruction.* *Life.* 2024;14(4):482. Bajo licencia Creative Commons CC BY.

**Figura 7.** Superposición de las tomografías computarizadas postoperatorias sobre las imágenes de planificación preoperatoria.



**Fuente:** Tomado de Consorti G, Monarchi G, Catarzi L. *Presurgical virtual planning and intraoperative navigation with 3D-preformed mesh: A new protocol for primary orbital fracture reconstruction.* *Life.* 2024;14(4):482. Bajo licencia Creative Commons CC BY.

**Figura 8.** Mediciones del volumen orbitario postoperatorio.



**Fuente:** Tomado de Consorti G, Monarchi G, Catarzi L. *Presurgical virtual planning and intraoperative navigation with 3D-preformed mesh: A new protocol for primary orbital fracture reconstruction.* *Life.* 2024;14(4):482. Bajo licencia Creative Commons CC BY.

### **Caso 3. Reconstrucción orbitaria mediante implantes personalizados con plantillas impresas en 3D vs técnica convencional(25)**

Se presenta un estudio comparativo retrospectivo que evaluó la eficacia reconstructiva de implantes orbitarios personalizados utilizando plantillas impresas en 3D frente a implantes moldeados manualmente en cirugía de fracturas orbitarias tipo blow-out.

El análisis incluyó 90 pacientes con fracturas de pared medial, inferior o inferomedial, divididos en dos grupos: uno tratado mediante implantes personalizados basados en planificación tridimensional y otro mediante técnicas convencionales de modelado intraoperatorio. La planificación en el grupo 3D se realizó a partir de tomografía computarizada, generando modelos virtuales que permitieron diseñar plantillas específicas para cada paciente, las cuales se utilizaron Intraoperatoriamente para moldear con precisión el implante.

El procedimiento quirúrgico en ambos grupos se llevó a cabo mediante abordaje transconjuntival, con reducción del contenido orbitario herniado y colocación del implante. En el grupo con tecnología 3D, el implante fue previamente adaptado utilizando moldes impresos

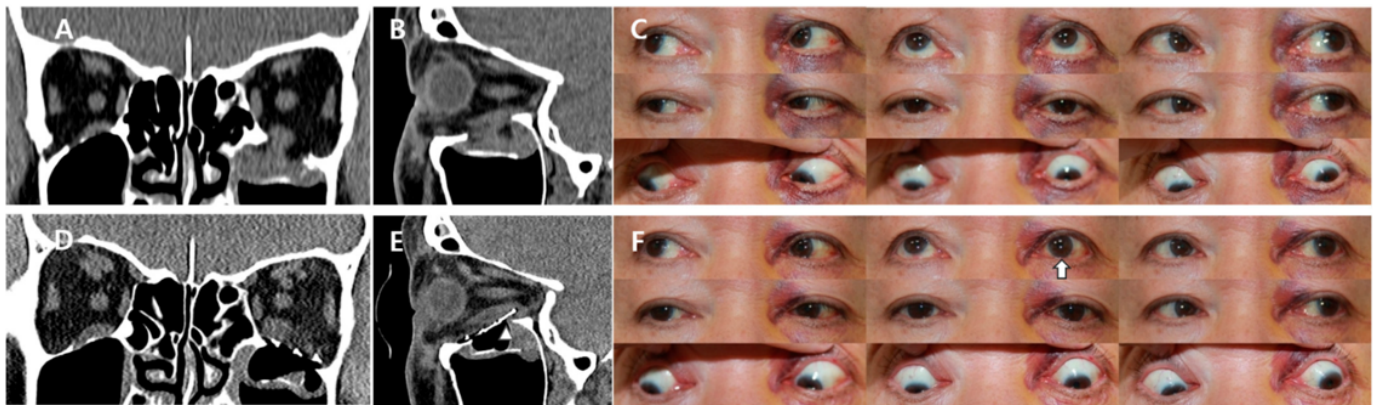
que reproducían la anatomía individual del defecto orbitario, lo que permitió una reconstrucción más precisa.

El análisis volumétrico orbitario evidenció que, en el grupo con implantes personalizados, el volumen postoperatorio no presentó diferencias significativas respecto a la órbita contralateral sana, mientras que en el grupo convencional sí se observaron diferencias estadísticamente significativas, indicando una reconstrucción menos precisa.

Asimismo, se observó que en el grupo convencional existía una correlación entre el tamaño del defecto preoperatorio y la discrepancia volumétrica postoperatoria, lo que sugiere una tendencia a la subcorrección en fracturas extensas. Esta relación no se evidenció en el grupo con tecnología 3D, lo que indica mayor reproducibilidad y precisión independiente del tamaño de la lesión.

Desde el punto de vista clínico, ambos grupos mostraron mejoría en síntomas como diplopía y parestesias; sin embargo, el uso de plantillas personalizadas permitió una mejor adaptación anatómica del implante, reduciendo el riesgo de malposición, compresión de estructuras orbitarias y

**Figura 9.** Imágenes de tomografía computarizada (TC) facial preoperatorias y fotografías en nueve posiciones de la mirada de un paciente masculino de 57 años sometido a cirugía por fractura blow-out inferior izquierda mediante técnica convencional de modelado manual (A-C). A pesar del resultado favorable en términos de restauración del volumen orbitario, las imágenes postoperatorias inmediatas (D-F) evidencian que el implante orbitario, mal alineado posteriormente, comprimía el músculo recto inferior (punta de flecha, (E)), lo que restringía la elevación del ojo izquierdo (flecha, (F)).



**Fuente:** tomado de Kwon MS, Shin HJ. *Comparison of orbital reconstructive effect between customized orbital implants using three-dimensional printed templates and conventional manual-bending implants in blowout fracture surgery.* **Applied Sciences.** 2023;13(15). Bajo licencia Creative Commons CC BY.

complicaciones funcionales.

## Discusión

### Implicaciones clínicas en el manejo del trauma óculo-orbitario severo

En el contexto del trauma óculo-orbitario severo, la identificación temprana de signos clínicos como dolor orbitario progresivo, proptosis tensa, midriasis arreactiva, deterioro de la agudeza visual y oftalmoplejía dolorosa sugiere la presencia de síndrome compartimental orbitario. Esta condición constituye una urgencia oftalmológica, en la cual la descompresión inmediata se asocia con una mejor preservación de la perfusión del nervio óptico y, por tanto, del pronóstico visual(26).

Asimismo, la evidencia, demuestra una alta coexistencia entre trauma ocular y traumatismo craneoencefálico, lo cual tiene implicaciones relevantes en el pronóstico y la rehabilitación. En este sentido, diversos estudios recomiendan la implementación de un cribado estructurado que integre evaluación neurológica e imagenológica desde el contexto de urgencias, favoreciendo la coordinación entre oftalmología, neuro-oftalmología y neurocirugía(12,27).

### Momento de la intervención quirúrgica

El tiempo de intervención quirúrgica representa un factor determinante en los desenlaces funcionales. La literatura sugiere que, en casos de atrapamiento muscular con manifestaciones clínicas como diplopía dolorosa o reflejo oculocardíaco, la intervención dentro de las primeras 48 horas es fundamental. De igual manera, en defectos extensos del piso o la pared medial

con riesgo de enoftalmos significativo, la reparación temprana –idealmente dentro de la primera semana– permite optimizar los resultados reconstructivos(28).

Por el contrario, en fracturas menos extensas sin compromiso funcional inmediato, algunos estudios contemporáneos respaldan el diferimiento controlado de la intervención hasta aproximadamente cuatro semanas, sin impacto negativo significativo en desenlaces como diplopía o enoftalmos, priorizando la estabilidad sistémica del paciente.

### Selección del abordaje quirúrgico

La elección del abordaje quirúrgico debe basarse en la localización anatómica de la fractura y los hallazgos clínicos asociados. La restricción de la motilidad ocular vertical junto con dolor sugiere atrapamiento en el piso o la pared medial, mientras que la diplopía en posición primaria puede orientar hacia defectos anteriores susceptibles de abordaje transorbitario. En lesiones más posteriores, el abordaje transantral puede ofrecer ventajas al reducir complicaciones palpebrales, como el ectropión. Estas consideraciones han sido respaldadas por estudios observacionales en series quirúrgicas amplias(29).

### Rol de las tecnologías avanzadas en reconstrucción

La integración de planificación quirúrgica virtual, navegación intraoperatoria e implantología guiada por la órbita contralateral ha demostrado mejorar la precisión volumétrica y reducir la malposición del implante, especialmente en defectos complejos o inferomediales. Estos beneficios han sido documentados en evaluaciones tecnológicas, estudios prospectivos y revisiones sistemáticas

recientes(30-32).

En este contexto, la evidencia también sugiere que las mallas preformadas tridimensionales pueden alcanzar resultados comparables a los implantes personalizados cuando se combinan con planificación virtual y navegación, lo que plantea una alternativa viable en términos de costo y disponibilidad(9,24).

Asimismo, el uso de modelos tridimensionales e impresión 3D ha demostrado mejorar la adaptación del implante y la restauración del volumen orbitario, reduciendo la variabilidad operatoria frente a técnicas convencionales(7,25,33).

### **Manejo de lesiones específicas**

En el manejo de quemaduras oculares, la membrana amniótica ha mostrado beneficios en la reepitelización en fases agudas de lesiones moderadas, aunque sin impacto significativo en resultados visuales en casos severos(34). Adicionalmente, no se han encontrado diferencias relevantes entre el uso de membrana amniótica fresca y preservada, lo que permite adaptar su uso según disponibilidad (34,35). En escenarios complejos, técnicas combinadas como SCET seguido de SLET han demostrado resultados favorables a largo plazo en la reconstrucción de la superficie ocular(35).

En situaciones donde existe opacidad de medios que limita la evaluación del segmento posterior, la endoscopia intraocular se presenta como una herramienta útil para el diagnóstico y tratamiento precoz de lesiones vítreo-retinianas, evitando retrasos en la intervención quirúrgica(10).

### **Implicaciones en salud pública y prevención**

Finalmente, los datos provenientes de registros multinacionales como IGATES evidencian la alta carga global del trauma ocular y su carácter prevenible en múltiples contextos, especialmente en lesiones laborales y por pirotecnia. Estos hallazgos refuerzan la importancia de estrategias de prevención, protección ocular y sistemas de referencia temprana como componentes esenciales del manejo integral del trauma óculo-orbitario severo(36,37).

### **Consideraciones finales**

La elaboración de esta revisión sistemática permitió evidenciar que el trauma óculo-orbitario severo no solo representa un desafío clínico por su complejidad anatómica y funcional, sino también un reto organizativo dentro de los sistemas de salud. Más allá de las técnicas quirúrgicas disponibles, los resultados dependen en gran medida de la capacidad del sistema para responder de forma oportuna, coordinada y basada en protocolos claros desde el primer contacto en urgencias.

Uno de los hallazgos más significativos durante el análisis de la literatura fue la brecha existente entre el avance tecnológico y su implementación real en la práctica clínica. Aunque herramientas como la planificación quirúrgica virtual, la navegación intraoperatoria y los implantes personalizados han demostrado beneficios consistentes, su disponibilidad sigue siendo limitada en muchos contextos, especialmente en países de ingresos medios. Esta desigualdad plantea la necesidad de adaptar las recomendaciones clínicas a escenarios reales, donde la toma de decisiones debe equilibrar la evidencia científica con los recursos disponibles.

Asimismo, se hizo evidente que el enfoque multidisciplinario no es simplemente deseable, sino indispensable. La interacción temprana entre urgencias, oftalmología, cirugía plástica y otras especialidades condiciona directamente el pronóstico del paciente. Sin embargo, en la práctica cotidiana, esta integración no siempre se logra de manera eficiente, lo que resalta la importancia de fortalecer rutas de atención estructuradas y sistemas de referencia oportunos.

Desde una perspectiva académica, la revisión también permitió identificar vacíos importantes en la literatura. Predomina la evidencia basada en estudios observacionales y series de casos, con escasa disponibilidad de ensayos clínicos o estudios comparativos robustos. Esto limita la capacidad de establecer recomendaciones definitivas y subraya la necesidad de promover investigaciones multicéntricas, especialmente en contextos latinoamericanos, donde la carga de trauma es significativa pero la producción científica aún es limitada.

Finalmente, este trabajo refuerza la importancia de integrar el conocimiento clínico con la innovación tecnológica y la realidad del sistema de salud. El reto no radica únicamente en conocer las mejores técnicas, sino en saber cuándo, cómo y en qué contexto aplicarlas para lograr el mayor beneficio posible para el paciente. En este sentido, el trauma óculo-orbitario severo debe abordarse no solo como una entidad quirúrgica compleja, sino como un escenario que exige decisiones clínicas rápidas, fundamentadas y adaptadas a cada realidad asistencial.

### **Conclusiones**

El trauma óculo-orbitario severo representa una entidad compleja cuyo pronóstico depende de una evaluación temprana, sistemática y coordinada desde el servicio de urgencias. La evidencia analizada sugiere que la intervención oportuna, especialmente en escenarios de compromiso funcional agudo, se asocia con una mejor preservación visual y una menor incidencia de secuelas.

Las estrategias reconstructivas asistidas por tecnología, incluyendo la planificación quirúrgica virtual, la navegación intraoperatoria y los implantes personalizados, han demostrado mejorar la precisión anatómica y los resultados funcionales y estéticos, particularmente en defectos orbitarios complejos. No obstante, en contextos con recursos limitados, las mallas preformadas pueden ofrecer resultados comparables cuando se integran a protocolos adecuados de planificación.

A pesar de estos avances, la evidencia disponible se basa predominantemente en estudios observacionales y presenta una importante heterogeneidad metodológica, lo que limita la solidez de las recomendaciones actuales.

En conjunto, estos hallazgos resaltan la necesidad de desarrollar guías clínicas estandarizadas basadas en evidencia, así como estudios prospectivos multicéntricos que permitan optimizar la toma de decisiones y mejorar los desenlaces en pacientes con trauma óculo-orbitario severo.

### **Responsabilidades morales, éticas y bioéticas Protección de personas y animales**

Los autores declaramos que, para este estudio, no se realizó experimentación en seres humanos ni en animales. Este trabajo de investigación no implica riesgos ni dilemas éticos, por cuanto su desarrollo se hizo con temporalidad retrospectiva. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de investigación del centro hospitalario. En todo momento se cuidó el anonimato y confidencialidad de los datos, así como la integridad de los pacientes.

### **Confidencialidad de datos**

Los autores declaramos que se han seguido los protocolos de los centros de trabajo en salud, sobre la publicación de los datos presentados de los pacientes.

### **Derecho a la privacidad y consentimiento informado**

Los autores declaramos que en este escrito académico no aparecen datos privados, personales o de juicio de recato propio de los pacientes.

### **Financiación**

No existió financiación para el desarrollo, sustentación académica y difusión pedagógica.

### **Potencial Conflicto de Interés(es):**

Los autores manifiestan que no existe ningún(os) conflicto(s) de interés(es), en lo expuesto en este escrito estrictamente académico.

## **Referencias**

- Négrel AD, Thylefors B. The global impact of eye injuries. *Ophthalmic Epidemiol.* 1998;5(3):143-69. doi:10.1076/OPEP.5.3.143.8364, PubMed PMID: 9805347.
- Rudnick ND, Gardiner MF. Ocular Trauma. *Pivotal Trials in Ophthalmology: A Guide for Trainees.* 1 de enero de 2021;155-70. doi:10.1007/978-3-030-63978-5\_8
- Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Mester V. Birmingham Eye Trauma Terminology system (BETT). *J Fr Ophtalmol.* 2004;27(2):206-10. doi:10.1016/S0181-5512(04)96122-0 PubMed PMID: 15029055.
- Kuhn F, Morris R. A quarter of a century of the Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT) system. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology.* 1 de octubre de 2021;259(10):2867-8. doi:10.1007/S00417-021-05407-6, PubMed PMID: 34487225.
- Kuhn F. Ocular traumatology. *Ocular Traumatology.* 2008;1-538. doi:10.1007/978-3-540-33825-3/COVER
- Gellrich NC, Eckstein FM, Rahlf B, Lentge F, Spalthoff S, Jehn P, et al. Computer-assisted orbital and midfacial reconstruction. *Innov Surg Sci.* 1 de septiembre de 2023;8(3):185-94. doi:10.1515/ISS-2021-0035/PDF
- Murray-Douglass A, Snoswell C, Winter C, Harris R. Three-dimensional (3D) printing for post-traumatic orbital reconstruction, a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 1 de noviembre de 2022;60(9):1176-83. doi:10.1016/j.bjoms.2022.07.001 PubMed PMID: 35931592.
- González LV, López JP, Valencia-Munõz C, Arango A. Virtual Navigation Endoscopically Integrated Into Orbital Trauma. *Journal of Craniofacial Surgery.* 1 de noviembre de 2021;32(8):2851-3. doi:10.1097/SCS.0000000000007814, PubMed PMID: 34231507.
- Consorti G, Betti E, Catarzi L. Customized and Navigated Primary Orbital Fracture Reconstruction: Computerized Operation Neuronavigated Surgery Orbital Recent Trauma (CONSORT) Protocol. *Journal of Craniofacial Surgery.* 1 de junio de 2022;33(4):1236-40. doi:10.1097/SCS.0000000000008461, PubMed PMID: 34999613.
- Dave VP, Chakurkar R, Tyagi M, Narayanan R, Pappuru RR. Intraocular endoscopy in the management of ocular trauma: clinical settings and treatment outcomes at a tertiary eye care centre. *Eye (Basingstoke).* 1 de julio de 2021;35(7):1904-8. doi:10.1038/S41433-020-01179-1, PubMed PMID: 32918042.
- Qi Q, Su D, Zhuang S, Yao S, Heindl LM, Fan X, et al. Progress in Nanotechnology for Treating Ocular Surface Chemical Injuries: Reflecting on Advances in Ophthalmology. *Advanced Science.* 10 de febrero de 2025;12(6). doi:10.1002/ADVS.202407340,
- Lee I, Davis B, Purt B, DesRosiers T. Ocular Trauma and Traumatic Brain Injury on the Battlefield: A Systematic Review After 20 Years of Fighting the Global War on Terror. *Mil Med.* 1 de septiembre de 2023;188(9-10):2916-23. doi:10.1093/MILMED/USAC226, PubMed PMID: 35869887.
- Gu W, Groves LL, McClellan SF. Patterns of concomitant traumatic brain injury and ocular trauma in US service members. *Trauma Surg Acute Care Open.* 12 de marzo de 2024;9(1). doi:10.1136/TSACO-2023-001313,
- Rootman Jack. *Diseases of the orbit : a multidisciplinary approach.* 2003;579.
- Keith L; DALLEY AFAAMR. *Anatomía Clínicamente Orientada MOORE.* 7.a ed. 2013. 1065-1088 p.
- Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Heimann K, Jeffers JB, Treister G. A standardized classification of ocular trauma. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental*

- Ophthalmology. 1996;234(6):399-403. doi:10.1007/BF00190717/METRICS PubMed PMID: 8738707.
17. He D, Blomquist PH, Ellis E. Association Between Ocular Injuries and Internal Orbital Fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. abril de 2007;65(4):713-20. doi:10.1016/j.joms.2006.09.006 PubMed PMID: 17368368.
  18. Yu-Wai-Man P. Traumatic optic neuropathy-Clinical features and management issues. *Taiwan J Ophthalmol*. 1 de marzo de 2015;5(1):3-8. doi:10.1016/j.tjo.2015.01.003
  19. Wagoner MD. Chemical injuries of the eye: Current concepts in pathophysiology and therapy. *Surv Ophthalmol*. enero de 1997;41(4):275-313. doi:10.1016/S0039-6257(96)00007-0 PubMed PMID: 9104767.
  20. Maher DI, Hall AJ, Gwini SM, Ben Artsi E. Patient-specific Implants for Orbital Fractures: A Systematic Review. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 1 de septiembre de 2022;38(5):417-24. doi:10.1097/IOP.0000000000002089, PubMed PMID: 34750315.
  21. Chang J, Cervantes G. Características clínicas y epidemiológicas de los pacientes atendidos por trauma ocular en Panamá. *Revista de la Sociedad Colombiana de Oftalmología*. 23 de noviembre de 2022;55(2):043-9. doi:10.24875/RSCO.22000011
  22. Dussán Vargas MP, Londoño Puerta A, Forero Angel HD. Tocol :Reporte de trauma ocular en un hospital público en Colombia [Internet]. 14 de febrero de 2023 [citado 9 de mayo de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10818/55233>
  23. Gu W, Groves LL, McClellan SF. Patterns of concomitant traumatic brain injury and ocular trauma in US service members. *Trauma Surg Acute Care Open*. 12 de marzo de 2024;9(1). doi:10.1136/TSACO-2023-001313,
  24. Consorti G, Monarchi G, Catarzi L. Presurgical Virtual Planning and Intraoperative Navigation with 3D-Preformed Mesh: A New Protocol for Primary Orbital Fracture Reconstruction. *Life* 2024, Vol 14, Page 482. 6 de abril de 2024;14(4):482. doi:10.3390/LIFE14040482
  25. Kwon MS, Shin HJ. Comparison of Orbital Reconstructive Effect between Customized Orbital Implants Using Three-Dimensional Printed Templates and Conventional Manual-Bending Implants in Blowout Fracture Surgery. *Applied Sciences (Switzerland)*. 1 de agosto de 2023;13(15). doi:10.3390/APP13159012
  26. Murali S, Davis C, McCrea MJ, Plewa MC. Orbital compartment syndrome: Pearls and pitfalls for the emergency physician. *JACEP Open*. 1 de abril de 2021;2(2):e12372. doi:10.1002/EMP2.12372 PubMed PMID: 33733246.
  27. Zhang K, Truong T, He CH, Parsikia A, Mbekeani JN. Traumatic Brain Injury in Admitted Patients with Ocular Trauma. *Turk J Ophthalmol*. 1 de agosto de 2024;54(4):212. doi:10.4274/TJO.GALENOS.2024.27737 PubMed PMID: 39108021.
  28. Hassan B, Resnick E, Er S, Liang F, Redett R, Yang R, et al. The Impact of Surgical Timing in Orbital Fracture Repair: A New Paradigm. *Plast Reconstr Surg*. 25 de enero de 2024;155(1). doi:10.1097/PRS.00000000000011420, PubMed PMID: 38546673.
  29. Govind A, Demirel S, Lee K, Amundson M, Bell RB, Dierks E. Predictors of Intraoperative Difficulty and Postoperative Examination Abnormalities in 164 Orbital Operations. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1 de noviembre de 2023;81(11):1360-71. doi:10.1016/j.joms.2023.08.171 PubMed PMID: 37689084.
  30. McCulley TJ, Aakalu VK, Foster JA, Freitag SK, Dagi Glass LR, Grob SR, et al. Intraoperative Image Guidance in Orbital and Lacrimal Surgery: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 1 de noviembre de 2024;131(11). doi:10.1016/j.ophtha.2024.05.014 PubMed PMID: 38912980.
  31. Saini PS, Kumar R, Saini M, Gupta T, Gaba S, Sharma RK. Three-dimensional computer navigation in the reconstruction of complex unilateral orbital fractures: evaluation and review of applications. *Arch Craniofac Surg*. 2024;25(4):161. doi:10.7181/ACFS.2024.00143 PubMed PMID: 39223767.
  32. Verbist M, Dubron K, Bila M, Jacobs R, Shaheen E, Willaert R. Accuracy of surgical navigation for patient-specific reconstructions of orbital fractures: A systematic review and meta-analysis. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 1 de junio de 2024;125(3):101683. doi:10.1016/J.JORMAS.2023.101683 PubMed PMID: 37951500.
  33. Kallaverja E, Barca I, Ferragina F, Cristofaro MG. Classical Orbital Floor Post-Traumatic Reconstruction vs. Customized Reconstruction with the Support of "In-House" 3D-Printed Models: A Retrospective Study with an Analysis of Volumetric Measurement. *Diagnostics*. 1 de junio de 2024;14(12):1248. doi:10.3390/DIAGNOSTICS14121248 PubMed PMID: 38928663.
  34. Veldman PB, Greiner MA, Cortina MS, Kuo AN, Li JY, Miller DD, et al. Efficacy of Amniotic Membrane Grafting for the Treatment of Chemical and Thermal Ocular Surface Injuries: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 1 de febrero de 2024;132(2). doi:10.1016/j.ophtha.2024.08.021
  35. Hu Y, Yu J, Fu Y, Guan X, Xiong F, Liao H, et al. Efficacy of Fresh Versus Preserved Amniotic Membrane Grafts for Ocular Surface Reconstruction: META = meta-analysis. *Tissue Eng Part B Rev*. 2024. doi:10.1089/TEN.TEB.2024.0217,
  36. Bonacci E, Fasolo A, Pagnacco C, Bosello F, Marchini G, Pedrotti E. Simple Epithelial Transplantation for Ocular Surface Reconstruction After Severe Ocular Burn Injury. *Cornea*. 1 de abril de 2024;44(4). doi:10.1097/ICO.0000000000003726, PubMed PMID: 39499144.
  37. Hoskin AK, Low R, Sen P, Mishra C, Kamalden TA, Woreta F, et al. Epidemiology and outcomes of open globe injuries: the international globe and adnexal trauma epidemiology study (IGATES). *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 1 de noviembre de 2021;259(11):3485-99. doi:10.1007/S00417-021-05266-1, PubMed PMID: 34173879.