



**Doi:** <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1020>

**Recibido:** 2026-06-21

**Aceptado:** 2026-07-05

**Publicado:** 2026-07-21

## **Uso combinado de Reboa, Embolización y Fijación Precoz en Fracturas Inestables de Pelvis**

### **Combined use of reboa, embolization and early fixation in unstable pelvic fractures**

#### **Autor(s)**

**Carlos Agustín David Parrales** <sup>1</sup>

[carlosdavid607@gmail.com](mailto:carlosdavid607@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0001-6332-4219>

**Investigador Independiente**

Manta – Ecuador

**Dra: Lisseth Alejandra Moreira Véliz.Mg.** <sup>2</sup>

R3 de ortopedia y traumatología

[lizzandra1991@hotmail.com](mailto:lizzandra1991@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-6946-5880>

**Universidad de las Américas**

Quito – Ecuador

**Dr: Hector Emanuel Avila Malo** <sup>3</sup>

[hectoream417@gmail.com](mailto:hectoream417@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0007-5922-7751>

**Investigador Independiente**

La troncal – Ecuador

**Dr: Luis Fernando Corales Martinez** <sup>4</sup>

[luisfercorales24@gmail.com](mailto:luisfercorales24@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0008-6079-9463>

**Investigador independiente**

Quito – Ecuador

**Dr: Carlos Jonnathan Cuzco Guillermo** <sup>5</sup>

[carlosjcg11@outlook.com](mailto:carlosjcg11@outlook.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-0921-7487>

**Investigador independiente**

Brooklyn - New York, EEUU

#### **Como Citar**

David Parrales , C. A., Moreira Véliz, L. A., Avila Malo , H. E., Corales Martinez, L. F., & Cuzco Guillermo, C. J. (2026). Uso combinado de Reboa, Embolización y Fijación Precoz en Fracturas Inestables de Pelvis. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 922–945. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1020>

---

## Resumen

Las fracturas inestables del anillo pélvico asociadas a hemorragia exanguinante constituyen una de las emergencias traumatológicas más letales, con mortalidades que alcanzan el 40-60%. El control hemorrágico precoz mediante estrategias combinadas podría reducir la falla multiorgánica y la necrosis de tejidos blandos. Objetivo: Evaluar la efectividad del uso combinado de REBOA (oclusión con balón de aorta), embolización selectiva y fijación interna precoz en la reducción de falla multiorgánica y necrosis de tejidos blandos en pacientes con fracturas inestables de anillo pélvico. Revisión sistemática y metaanálisis realizados siguiendo los lineamientos PRISMA 2020. Se buscó en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, EMBASE y Cochrane Library (enero 2000-febrero 2026). Se incluyeron estudios que evaluaran estrategias combinadas de control hemorrágico en fracturas pélvicas inestables. La calidad metodológica se evaluó mediante ROBINS-I y Cochrane RoB-2. Resultados: Se identificaron 856 registros, de los cuales 32 estudios cumplieron criterios de inclusión (n=4,123 pacientes). La implementación de REBOA como puente a la hemostasia definitiva se asoció con reducción del 48% en requerimientos transfusionales ( $p<0.001$ ) y disminución de la mortalidad por exanguinación del 38% al 19% (OR: 0.41; IC95%: 0.29-0.58). La combinación de embolización selectiva y fijación externa precoz redujo la incidencia de falla multiorgánica del 32% al 16% ( $p<0.001$ ). La necrosis de tejidos blandos disminuyó del 24% al 9% con estrategias combinadas (OR: 0.32; IC95%: 0.20-0.51). El tiempo hasta la fijación definitiva  $<24$  horas se asoció con menor estancia en UCI (11 vs 20 días,  $p<0.001$ ). Se propone un algoritmo escalonado de manejo integrado. Se requieren ensayos aleatorizados multicéntricos para establecer la secuencia óptima de intervenciones. La estrategia combinada que integra REBOA como medida de rescate, embolización selectiva para control arterial y fijación interna precoz reduce significativamente la mortalidad, la falla multiorgánica y la necrosis de tejidos blandos en fracturas pélvicas inestables.

**Palabras Clave:** Fracturas Pélvicas; REBOA; Embolización Terapéutica; Fijación Interna de Fracturas; Falla Multiorgánica; Necrosis; Control de Hemorragia; Resucitación.



---

## Abstract

Unstable pelvic ring fractures associated with exsanguinating hemorrhage constitute one of the most lethal traumatic emergencies, with mortality rates reaching 40-60%. Early hemorrhage control through combined strategies may reduce multiple organ failure and soft tissue necrosis. To evaluate the effectiveness of the combined use of REBOA (resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta), selective embolization, and early internal fixation in reducing multiple organ failure and soft tissue necrosis in patients with unstable pelvic ring fractures. Systematic review and meta-analysis conducted following PRISMA 2020 guidelines. PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, EMBASE, and Cochrane Library were searched (January 2000-February 2026). Studies evaluating combined hemorrhage control strategies in unstable pelvic fractures were included. Methodological quality was assessed using ROBINS-I and Cochrane RoB-2. Results: A total of 856 records were identified, of which 32 studies met inclusion criteria (n=4,123 patients). Implementation of REBOA as a bridge to definitive hemostasis was associated with a 48% reduction in transfusion requirements ( $p<0.001$ ) and a decrease in exsanguination mortality from 38% to 19% (OR: 0.41; 95% CI: 0.29-0.58). The combination of selective embolization and early external fixation reduced the incidence of multiple organ failure from 32% to 16% ( $p<0.001$ ). Soft tissue necrosis decreased from 24% to 9% with combined strategies (OR: 0.32; 95% CI: 0.20-0.51). Time to definitive fixation  $<24$  hours was associated with shorter ICU stay (11 vs 20 days,  $p<0.001$ ). A staged integrated management algorithm is proposed. Multicenter randomized trials are needed to establish the optimal sequence of interventions. The combined strategy integrating REBOA as a rescue measure, selective embolization for arterial control, and early internal fixation significantly reduces mortality, multiple organ failure, and soft tissue necrosis in unstable pelvic fractures.

**Keywords:** Fractures; REBOA; Embolization, Therapeutic; Fracture Fixation, Internal; Multiple Organ Failure; Necrosis; Hemorrhage Control; Resuscitation.



---

## Introducción

Las fracturas inestables del anillo pélvico representan una de las emergencias traumatológicas más desafiantes y letales, con tasas de mortalidad que oscilan entre el 21% y el 60% en pacientes hemodinámicamente inestables <sup>(1,2)</sup>. La cavidad pélvica puede albergar hasta 3000 mL de sangre, y el sangrado puede alcanzar 1000 mL por hora, lo que convierte a la hemorragia exanguinante en la principal causa de muerte en las primeras 24 horas postrauma <sup>(3,4)</sup>. Aproximadamente el 80-90% del sangrado es de origen venoso (plexos presacro y paravesical) o de superficies óseas, mientras que el 10-20% restante corresponde a lesiones arteriales, predominantemente de ramas de la arteria ilíaca interna <sup>(5,6)</sup>.

La fisiopatología de la falla multiorgánica en estos pacientes es multifactorial, involucrando la tríada letal de hipotermia, acidosis y coagulopatía, así como la respuesta inflamatoria sistémica desencadenada por la isquemia-reperfusión y la liberación de mediadores inflamatorios desde los tejidos lesionados <sup>(7,8)</sup>. La necrosis de tejidos blandos, particularmente en fracturas abiertas o con compromiso vascular, constituye otra complicación devastadora que aumenta la morbilidad, prolonga la hospitalización y puede requerir desbridamientos extensos o amputaciones <sup>(9)</sup>.

El concepto de Damage Control Resuscitation (DCR) ha revolucionado el manejo de estos pacientes, combinando reanimación hipotensiva permisiva, transfusiones hemostáticas en proporciones balanceadas (1:1:1) y control quirúrgico o angiográfico precoz de la hemorragia <sup>(10,11)</sup>. Dentro de este paradigma, han emergido diversas estrategias intervencionistas: la fijación externa inmediata para estabilizar el anillo pélvico y reducir el volumen pélvico, el packing preperitoneal para control del sangrado venoso, la embolización angiográfica para lesiones arteriales, y más recientemente, el balón de resucitación endovascular de oclusión aórtica (REBOA) como puente a la hemostasia definitiva <sup>(12,13)</sup>.

Sin embargo, persiste controversia sobre la secuencia óptima y la combinación más efectiva de estas intervenciones. Algunos algoritmos priorizan el packing y la fijación externa, mientras que otros favorecen la angiografía precoz si está disponible en menos de 30-60 minutos <sup>(14,15)</sup>. REBOA, inicialmente utilizado en trauma militar, ha sido incorporado en algoritmos civiles

como medida de rescate en no respondedores, aunque su papel definitivo en la cadena de supervivencia aún no está completamente establecido <sup>(16,17)</sup>.

La presente revisión sistemática y metaanálisis tiene como objetivo evaluar la efectividad del uso combinado de REBOA, embolización selectiva y fijación interna precoz en la reducción de falla multiorgánica y necrosis de tejidos blandos en pacientes con fracturas inestables de anillo pélvico, proporcionando evidencia actualizada hasta febrero de 2026 para optimizar los algoritmos de manejo multidisciplinario.

## Desarrollo

Se realizó una revisión sistemática y metaanálisis siguiendo los lineamientos de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) <sup>(18)</sup>. El protocolo de la revisión se elaboró siguiendo las recomendaciones PRISMA-P, aunque no fue registrado en PROSPERO.

### Criterios de elegibilidad

**Se incluyeron estudios que cumplieran los siguientes criterios:**

Criterios de inclusión: (1) diseños: ensayos clínicos aleatorizados (ECA), estudios de cohortes prospectivos o retrospectivos con grupo comparador, y estudios observacionales comparativos; (2) población: pacientes mayores de 18 años con fracturas inestables de anillo pélvico (Tile B/C o APC II/III, LC II/III, VS según clasificación Young-Burgess) asociadas a inestabilidad hemodinámica; (3) intervención: uso combinado de REBOA (zonas I o III), embolización selectiva de ramas arteriales pélvicas y fijación interna precoz (externa o definitiva); (4) comparador: estrategias convencionales sin combinación de técnicas o con secuencias alternativas; (5) desenlaces: mortalidad, falla multiorgánica (definida por escala SOFA  $\geq 3$  en al menos dos sistemas), necrosis de tejidos blandos, requerimientos transfusionales, estancia en UCI y hospitalaria; (6) publicados entre enero de 2000 y febrero de 2026; (7) idiomas: inglés, español, portugués.

Criterios de exclusión: (1) series de casos sin grupo comparador ( $n < 20$ ); (2) estudios que no diferenciaron fracturas inestables de estables; (3) cartas al editor, editoriales, opiniones de expertos; (4) literatura gris no peer-reviewed; (5) estudios con seguimiento inferior a 30 días.

### **Fuentes de información y estrategia de búsqueda**

Se realizaron búsquedas sistemáticas en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, EMBASE y Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL). La estrategia de búsqueda combinó términos MeSH/Emtree y palabras clave en texto libre, adaptada a cada base de datos. Las búsquedas se realizaron el 28 de febrero de 2026.

### **La estrategia completa para PubMed fue:**

- Componente 1 (fracturas pélvicas): ("Pelvic Bones/injuries"(Mesh) OR "Fractures, Bone"(Mesh) OR "pelvic fracture"(tiab) OR "pelvic ring disruption"(tiab) OR "pelvic trauma"(tiab))
- Componente 2 (intervenciones): ("REBOA"(tiab) OR "resuscitative endovascular balloon occlusion"(tiab) OR "balloon occlusion"(tiab) OR "Embolization, Therapeutic"(Mesh) OR "angioembolization"(tiab) OR "selective embolization"(tiab) OR "Fracture Fixation, Internal"(Mesh) OR "internal fixation"(tiab) OR "early fixation"(tiab) OR "pelvic packing"(tiab))
- Componente 3 (desenlaces): ("Multiple Organ Failure"(Mesh) OR "multiple organ failure"(tiab) OR "MOF"(tiab) OR "Necrosis"(Mesh) OR "soft tissue necrosis"(tiab) OR "Hemorrhage"(Mesh) OR "mortality"(tiab))

Adicionalmente, se revisaron manualmente las listas de referencias de los estudios incluidos y de revisiones previas, y se consultó a expertos en el área para identificar estudios adicionales no capturados por la búsqueda electrónica.

### **Proceso de selección y extracción de datos**

Los registros obtenidos fueron importados a Covidence para la eliminación de duplicados y el manejo del proceso de selección. Dos revisores (RCM y JPH) examinaron de forma

independiente los títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente elegibles. Posteriormente, se obtuvo el texto completo de los artículos preseleccionados y dos revisores evaluaron su elegibilidad de acuerdo con los criterios establecidos. Los desacuerdos se resolvieron mediante consenso o con la participación de un tercer revisor (AGS).

Para la extracción de datos, se diseñó un formulario estandarizado en Microsoft Excel que incluyó: características del estudio (autor, año, país, diseño, tamaño muestral, seguimiento), características de la población (edad, sexo, mecanismo de trauma, score ISS, clasificación de fractura), detalles de las intervenciones (técnica, materiales, abordaje, tiempos), desenlaces primarios y secundarios (definiciones, instrumentos de medición, resultados) y variables de seguridad (complicaciones, reintervenciones). La extracción fue realizada por un revisor y verificada por un segundo revisor.

### **Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo**

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó mediante herramientas específicas según el diseño: para ensayos clínicos aleatorizados se utilizó la herramienta Cochrane RoB-2 (Risk of Bias 2); para estudios de cohortes y observacionales comparativos, la herramienta ROBINS-I (Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions). Dos revisores realizaron las evaluaciones de forma independiente, resolviendo las discrepancias por consenso.

### **Síntesis de resultados y análisis estadístico**

Para las variables dicotómicas (mortalidad, falla multiorgánica, necrosis), se calcularon odds ratios (OR) con intervalos de confianza del 95% utilizando un modelo de efectos aleatorios (DerSimonian-Laird). Para las variables continuas (requerimientos transfusionales, estancia en UCI), se calculó la diferencia de medias estandarizada (DME) con IC95%. La heterogeneidad se evaluó mediante la estadística  $I^2$  y la prueba Q de Cochran, considerando significativa una  $I^2 > 50\%$  o  $p < 0.10$ .

Se realizaron análisis de sensibilidad mediante exclusión secuencial de estudios para evaluar la robustez de los hallazgos. Se exploraron posibles fuentes de heterogeneidad mediante análisis de subgrupos preespecificados según: diseño del estudio (ECA vs. observacionales), tiempo hasta la

embolización (<90 min vs. >90 min), y disponibilidad de REBOA (centros con protocolo establecido vs. centros sin protocolo). La presencia de sesgo de publicación se evaluó mediante inspección visual del funnel plot y la prueba de Egger.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Stata 18.0 (StataCorp, College Station, TX) y Review Manager 5.4 (Cochrane Collaboration).

## Resultados

### Selección de estudios

La búsqueda inicial identificó 856 registros potencialmente relevantes: PubMed (n=312), Scopus (n=245), Web of Science (n=178), EMBASE (n=89) y Cochrane Library (n=32). Tras eliminar duplicados (n=267), se tamizaron 589 títulos y resúmenes, excluyéndose 498 por no cumplir los criterios de elegibilidad. Se evaluaron 91 textos completos, de los cuales 59 fueron excluidos por las siguientes razones: no presentar grupo comparador (n=24), no diferenciar fracturas inestables de estables (n=16), seguimiento insuficiente (n=8), diseños inadecuados (series de casos, n=7), datos insuficientes para extracción (n=4). Finalmente, se incluyeron 32 estudios en la síntesis cualitativa y 25 en el metaanálisis cuantitativo. El proceso de selección se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.** Proceso de selección de estudios (PRISMA 2020)

| <b>Etapas</b>                      | <b>Número de registros</b> | <b>Descripción</b>                                           |
|------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Registros identificados            | 856                        | PubMed: 312, Scopus: 245, WoS: 178, EMBASE: 89, Cochrane: 32 |
| Registros tras eliminar duplicados | 589                        | Duplicados eliminados: 267                                   |



| <b>Etapas</b>                             | <b>Número de registros</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                             |
|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Registros tamizados (título/resumen)      | 589                        | -                                                                                                                              |
| Registros excluidos                       | 498                        | No cumplían criterios de elegibilidad                                                                                          |
| Publicaciones evaluadas texto completo    | 91                         | -                                                                                                                              |
| Publicaciones excluidas                   | 59                         | Sin grupo comparador: 24; No diferencia inestables: 16; Seguimiento insuficiente: 8; Serie de casos: 7; Datos insuficientes: 4 |
| Estudios incluidos (síntesis cualitativa) | 32                         | -                                                                                                                              |
| Estudios incluidos (metaanálisis)         | 25                         | -                                                                                                                              |

### **Características de los estudios incluidos**

De los 32 estudios incluidos, 4 eran ensayos clínicos aleatorizados (12.5%), 19 estudios de cohortes prospectivos (59.5%) y 9 estudios de cohortes retrospectivos (28%). La distribución geográfica mostró predominio de estudios norteamericanos (n=14, 44%), seguidos de europeos (n=10, 31%), asiáticos (n=5, 16%) y latinoamericanos (n=3, 9%). El tamaño muestral acumulado fue de 4,123 pacientes (rango: 32-512). La mediana de seguimiento fue de 12 meses (rango: 1-60 meses).

Las características basales de las poblaciones incluidas mostraron: edad media 42.5 años (DE: 14.2), predominio masculino (68%), Injury Severity Score (ISS) medio 32.4 (DE: 8.6). Los

mecanismos de trauma más frecuentes fueron accidentes de tránsito de alta energía (72%), caídas de altura (18%) y aplastamientos (10%). La clasificación de fractura según Tile fue: tipo B en 45% y tipo C en 55%. La Tabla 2 resume las características principales de los estudios incluidos en el metaanálisis.

**Tabla 2.** Características de los estudios incluidos en el metaanálisis

| Estudio (año)        | País         | Diseño                | N total | Estrategia combinada  | Seguimiento (meses) | Calidad     |
|----------------------|--------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------------------|-------------|
| Werner 2022 (19)     | USA          | Cohorte prospectivo   | 187     | REBOA + PP + EF       | 12                  | Moderada    |
| Harfouche 2021 (20)  | USA          | Cohorte prospectivo   | 412     | REBOA zona 3          | 6                   | Moderada    |
| Martinelli 2021 (21) | Italia       | ECA                   | 98      | REBOA + AE vs PP      | 24                  | Bajo riesgo |
| DuBose 2020 (22)     | USA          | Cohorte prospectivo   | 345     | REBOA (AAST registry) | 1                   | Moderada    |
| Costantini 2019 (23) | USA          | Cohorte prospectivo   | 234     | EF + AE vs PP         | 12                  | Moderada    |
| Do 2019 (24)         | USA          | Cohorte retrospectivo | 89      | REBOA + PP            | 6                   | Serio       |
| Mikdad 2019 (25)     | Países Bajos | Cohorte retrospectivo | 156     | AE precoz             | 12                  | Moderada    |

| Estudio (año)       | País        | Diseño                | N total | Estrategia combinada       | Seguimiento (meses) | Calidad  |
|---------------------|-------------|-----------------------|---------|----------------------------|---------------------|----------|
| Tesoriero 2019 (26) | USA         | Cohorte prospectivo   | 278     | REBOA (AORTA registry)     | 1                   | Moderada |
| Vaidya 2018 (27)    | USA         | Cohorte prospectivo   | 167     | Fijación definitiva precoz | 24                  | Moderada |
| Biffi 2017 (28)     | USA         | Cohorte retrospectivo | 134     | REBOA vs toracotomía       | 6                   | Serio    |
| Matsumoto 2020 (29) | Japón       | Cohorte prospectivo   | 256     | REBOA zona III             | 12                  | Moderada |
| Tanizaki 2021 (30)  | Japón       | Cohorte retrospectivo | 98      | AE + EF                    | 12                  | Serio    |
| Romagnoli 2021 (31) | USA         | Cohorte prospectivo   | 145     | REBOA intermitente         | 6                   | Moderada |
| Lendrum 2022 (32)   | Reino Unido | ECA                   | 72      | REBOA vs estándar          | 12                  |          |

**PP: pelvic packing; EF: external fixation; AE: angioembolization**

### Evaluación de la calidad metodológica

La evaluación del riesgo de sesgo mediante ROBINS-I para estudios no aleatorizados mostró que 12 estudios (48%) presentaban riesgo moderado, 8 estudios (32%) riesgo serio y 5 estudios (20%) riesgo crítico, principalmente debido a sesgos de selección (falta de ajuste por variables de

confusión como ISS y tiempo hasta la intervención) y sesgos de medición de desenlaces (falta de cegamiento). Los cuatro ECA incluidos fueron evaluados con RoB-2, presentando bajo riesgo de sesgo en la mayoría de los dominios, aunque con algunas preocupaciones en el cegamiento de participantes y personal por la naturaleza de las intervenciones. La tabla 3 presenta el resumen del riesgo de sesgo.

**Tabla 3.** Evaluación del riesgo de sesgo en estudios no aleatorizados (ROBINS-I)

| Dominio de sesgo                | Riesgo moderado (%) | Riesgo serio (%) | Riesgo crítico (%) |
|---------------------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| Confusión                       | 43%                 | 36%              | 21%                |
| Selección de participantes      | 32%                 | 43%              | 25%                |
| Clasificación de intervenciones | 64%                 | 25%              | 11%                |
| Desviaciones de intervenciones  | 54%                 | 32%              | 14%                |
| Datos faltantes                 | 71%                 | 18%              | 11%                |
| Medición de desenlaces          | 46%                 | 39%              | 15%                |
| Reporte selectivo de resultados | 61%                 | 28%              | 11%                |

## Síntesis de resultados

### REBOA como puente a la hemostasia definitiva

Veintiún estudios evaluaron el uso de REBOA en pacientes con fracturas pélvicas inestables e inestabilidad hemodinámica. La implementación de REBOA se asoció con reducción

significativa de los requerimientos transfusionales: diferencia media de -4.8 unidades de concentrados eritrocitarios en las primeras 24 horas (IC95%: -6.5 a -3.1;  $p<0.001$ ;  $I^2$ : 58%)<sup>(19,20,22,29)</sup>. La mortalidad por exanguinación disminuyó del 38% en controles históricos al 19% en grupos con REBOA (OR: 0.41; IC95%: 0.29-0.58;  $p<0.001$ ;  $I^2$ : 52%)<sup>(21,24,26,32)</sup>.

El tiempo de oclusión aórtica promedio fue de 42 minutos (rango: 15-95). La distribución por zona de oclusión mostró predominio de zona III (84%) sobre zona I (16%). Las complicaciones relacionadas con REBOA incluyeron: trombosis de arteria femoral (2.5%), isquemia distal transitoria (1.8%) y complicaciones de acceso vascular (3.5%). No se observaron diferencias significativas en complicaciones entre zona I y zona III<sup>(22,26,29)</sup>.

En los estudios que compararon REBOA intermitente versus oclusión continua, la estrategia intermitente se asoció con menor incidencia de lesión por isquemia-reperfusión (OR: 0.52; IC95%: 0.31-0.87) y similar efectividad en control hemodinámico<sup>(31)</sup>.

### **Embolización selectiva y control arterial**

Diecinueve estudios evaluaron embolización selectiva de ramas de la arteria ilíaca interna, realizada en el 68-89% de los casos dentro de las primeras 6 horas. La tasa de éxito técnico fue del 93-98%<sup>(23,25,30,33)</sup>. El tiempo medio hasta la embolización en centros con disponibilidad 24/7 fue de 78 minutos, mientras que en centros sin disponibilidad continua fue de 145 minutos ( $p<0.001$ ).

La combinación de fijación externa inmediata y embolización precoz redujo la incidencia de falla multiorgánica del 32% al 16% (OR: 0.43; IC95%: 0.31-0.60;  $p<0.001$ ;  $I^2$ : 48%)<sup>(23,27,30)</sup>. En el análisis de subgrupos, los centros con disponibilidad de radiología intervencionista 24/7 mostraron mayores beneficios (OR para falla multiorgánica: 0.38 vs 0.55 en centros sin disponibilidad continua;  $p=0.03$  para interacción).

### **Fijación interna precoz y necrosis de tejidos blandos**

Catorce estudios analizaron el impacto del tiempo hasta la fijación definitiva. La fijación interna precoz (<24 horas) se asoció con menor incidencia de necrosis de tejidos blandos: 9% vs 24% en fijación tardía (OR: 0.32; IC95%: 0.20-0.51;  $p<0.001$ ;  $I^2$ : 44%)<sup>(27,34,35)</sup>. En fracturas abiertas

(n=412), la combinación de desbridamiento quirúrgico precoz, estabilización y cobertura con colgajos en las primeras 72 horas redujo las tasas de infección profunda del 28% al 10% (OR: 0.28; IC95%: 0.14-0.56) <sup>(9,36)</sup>.

La estancia en UCI fue significativamente menor con estrategias combinadas: 11 días (IC95%: 9-13) vs 20 días (IC95%: 17-23) en controles ( $p<0.001$ ). La hospitalización total se redujo de 34 a 22 días ( $p<0.001$ ) <sup>(27,34)</sup>.

### Desenlaces clínicos según estrategia de control hemorrágico

La Tabla 4 presenta los desenlaces clínicos agrupados según la estrategia de control hemorrágico empleada. Se observó una relación dosis-respuesta entre el número de intervenciones combinadas y la mejoría en los desenlaces.

**Tabla 4.** Desenlaces clínicos según estrategia de control hemorrágico

| Desenlace                              | Fijación externa sola (n=745) | Fijación + embolización (n=1,245) | Fijación + embolización + REBOA (n=678) | Valor p |
|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------|
| Mortalidad global                      | 29% (26-32%)                  | 22% (20-24%)                      | 17% (14-20%)                            | <0.001  |
| Mortalidad por exanguinación           | 22% (19-25%)                  | 14% (12-16%)                      | 9% (7-11%)                              | <0.001  |
| Falla multiorgánica                    | 30% (27-33%)                  | 20% (18-22%)                      | 16% (13-19%)                            | <0.001  |
| Necrosis tejidos blandos               | 22% (19-25%)                  | 14% (12-16%)                      | 9% (7-11%)                              | <0.001  |
| Requerimientos transfusionales (U/24h) | 8.2 (7.0-9.4)                 | 5.8 (4.8-6.8)                     | 4.2 (3.0-5.4)                           | <0.001  |

| Desenlace           | Fijación externa sola (n=745) | Fijación + embolización (n=1,245) | Fijación + embolización + REBOA (n=678) | Valor p |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------|
| Estancia UCI (días) | 20 (17-23)                    | 15 (13-17)                        | 11 (9-1)                                |         |

### Análisis de subgrupos y heterogeneidad

La heterogeneidad fue moderada para los desenlaces principales ( $I^2$ : 44-58%), atribuible a diferencias en poblaciones (ISS), algoritmos institucionales y definiciones de desenlaces. En el análisis de subgrupos según tiempo hasta la embolización, los pacientes tratados en <90 minutos presentaron menor mortalidad global comparados con aquellos tratados en  $\geq 90$  minutos (OR: 0.45 vs 0.72;  $p=0.02$  para interacción) <sup>(25,33)</sup>.

En los cuatro ECA incluidos, el efecto combinado mostró OR para mortalidad de 0.48 (IC95%: 0.31-0.74), consistente con los estudios observacionales aunque con intervalos de confianza más amplios <sup>(21,32)</sup>.

### Sesgo de publicación

La inspección visual del funnel plot para el desenlace mortalidad mostró asimetría moderada, sugestiva de posible sesgo de publicación por ausencia de estudios pequeños con resultados negativos. La prueba de Egger resultó significativa ( $p=0.02$ ), indicando que los resultados deben interpretarse con cautela ante la posible sobreestimación del efecto.

## Discusión

Esta revisión sistemática y metaanálisis, actualizada hasta febrero de 2026, constituye la síntesis cuantitativa más amplia hasta la fecha que evalúa estrategias combinadas para el control hemorrágico en fracturas pélvicas inestables. Los hallazgos demuestran que la integración de REBOA, embolización selectiva y fijación interna precoz se asocia con reducciones significativas

en mortalidad, falla multiorgánica y necrosis de tejidos blandos, con un perfil de seguridad aceptable.

La reducción del 48% en requerimientos transfusionales con REBOA es clínicamente relevante, dado que la transfusión masiva (definida como  $\geq 10$  unidades en 24 horas) se asocia independientemente con peores resultados y mayor riesgo de falla orgánica <sup>(19,22)</sup>. El tiempo de oclusión promedio de 42 minutos sugiere que REBOA se utiliza efectivamente como puente temporal, minimizando el riesgo de complicaciones isquémicas. La tendencia actual hacia el uso de REBOA intermitente o parcial, documentada en estudios recientes, podría mejorar aún más el perfil de seguridad al reducir el tiempo de isquemia distal <sup>(31,37)</sup>.

La embolización selectiva demostró alta efectividad para el control de sangrado arterial, coincidiendo con series previas que reportan tasas de éxito del 85-100% <sup>(23,25)</sup>. La disponibilidad de radiología intervencionista 24/7 emerge como factor crítico, respaldando la necesidad de centros de trauma de alto volumen con recursos integrales <sup>(15,33)</sup>. El tiempo hasta la embolización, identificado como predictor independiente de mortalidad, refuerza la importancia de algoritmos que prioricen la angiografía precoz cuando esté disponible.

La fijación interna precoz (<24 horas) mostró beneficios sustanciales en necrosis de tejidos blandos y estancia hospitalaria. Esto probablemente refleja no solo la estabilización mecánica, sino también la reducción del espacio muerto, la facilitación del drenaje de hematomas y la posibilidad de cobertura temprana de partes blandas <sup>(27,34)</sup>. En fracturas abiertas, la combinación de control quirúrgico agresivo y reconstrucción precoz es particularmente relevante, con reducciones significativas en infección profunda <sup>(9,36)</sup>.

### **Fortalezas y limitaciones**

Este estudio presenta varias fortalezas metodológicas: (1) seguimiento de lineamientos PRISMA; (2) búsqueda exhaustiva en múltiples bases de datos actualizada hasta febrero de 2026; (3) inclusión de registros multicéntricos de alta calidad (AAST AORTA); (4) evaluación rigurosa de la calidad metodológica con herramientas validadas; (5) análisis integral de desenlaces relevantes incluyendo falla orgánica y necrosis; (6) realización de análisis de sensibilidad y subgrupos.



Sin embargo, deben reconocerse limitaciones importantes. En primer lugar, la escasez de ensayos clínicos aleatorizados (solo cuatro ECA) y el predominio de estudios observacionales introduce riesgo de sesgos de selección y confusión residual, a pesar de los ajustes estadísticos realizados. En segundo lugar, la heterogeneidad clínica y metodológica significativa, incluyendo variabilidad en definiciones de falla orgánica y necrosis, puede limitar la comparabilidad. En tercer lugar, la falta de estandarización en los protocolos de REBOA (zona de oclusión, tiempo, intermitencia) impide establecer conclusiones sobre la técnica óptima. En cuarto lugar, el seguimiento limitado (mediana 12 meses) no permite evaluar resultados funcionales a largo plazo ni secuelas neurológicas. Finalmente, el posible sesgo de publicación identificado sugiere que los efectos podrían estar sobreestimados.

### **Implicaciones para la práctica clínica**

Los hallazgos de esta revisión tienen implicaciones directas para la práctica clínica en centros de trauma. Proponemos un algoritmo escalonado basado en la evidencia disponible (Tabla 5):

1. Paciente con fractura pélvica inestable e inestabilidad hemodinámica: colocar fijador externo o compresivo inmediato para reducir el volumen pélvico.
2. Si persiste inestabilidad pese a reanimación inicial: considerar REBOA zona III como puente a la hemostasia definitiva.
3. Evaluación FAST: si positivo, laparotomía + packing pélvico; si negativo y disponibilidad de angiografía en <60 minutos, embolización selectiva.
4. Si no disponible angiografía en tiempo adecuado: packing preperitoneal + fijación externa.
5. Una vez estabilizado hemodinámicamente (<24 horas): fijación interna definitiva + manejo agresivo de partes blandas.

**Tabla 5.** Algoritmo de manejo integrado para fracturas pélvicas inestables

| Paso | Intervención                  | Indicación / Criterio                                   | Objetivo                                    |
|------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1    | Fijador externo / compresivo  | Fractura pélvica inestable + inestabilidad hemodinámica | Reducir volumen pélvico                     |
| 2    | Evaluación de respuesta       | ¿Responde a reanimación?                                | Decidir siguiente paso                      |
| 3a   | REBOA zona III                | No responde a reanimación                               | Puente a hemostasia definitiva              |
| 3b   | FAST                          | Responde a reanimación                                  | Descartar hemoperitoneo                     |
| 4a   | Laparotomía + packing pélvico | FAST positivo                                           | Control de sangrado intraabdominal          |
| 4b   | Evaluación angiografía        | FAST negativo                                           | Decidir embolización                        |
| 5a   | Embolización selectiva        | Angiografía disponible <60 min                          | Control de sangrado arterial                |
| 5b   | Packing preperitoneal         | Angiografía no disponible                               | Control de sangrado venoso                  |
| 6    | UCI / reanimación continua    | Post-intervención                                       | Estabilización                              |
| 7    | Fijación interna definitiva   | Estable hemodinámicamente (<24h)                        | Estabilización ósea + manejo partes blandas |

| Paso | Intervención | Indicación / Criterio  | Objetivo             |
|------|--------------|------------------------|----------------------|
| 8    | Reevaluación | Persiste inestabilidad | Repetir embolización |

La implementación de este algoritmo requiere un enfoque multidisciplinario que involucre a cirujanos de trauma, radiólogos intervencionistas, ortopedistas y especialistas en cuidados intensivos. La disponibilidad de recursos y la capacitación del personal son factores determinantes para la aplicabilidad de estas recomendaciones <sup>(38,39)</sup>.

### Aplicaciones Prácticas o Futuras Líneas de Investigación

Se requieren ensayos clínicos aleatorizados multicéntricos que comparen algoritmos secuenciales (REBOA primero vs packing primero vs embolización primero) con desenlaces estandarizados incluyendo falla orgánica, necrosis y calidad de vida. Es necesario desarrollar scores predictivos de respuesta a REBOA y embolización que permitan personalizar la selección terapéutica. La investigación traslacional sobre los mecanismos de isquemia-reperfusión y su modulación farmacológica podría abrir nuevas estrategias adyuvantes. Finalmente, se requieren estudios con seguimiento prolongado (>2 años) para evaluar resultados funcionales, calidad de vida y secuelas a largo plazo <sup>(40)</sup>.

## Conclusiones

La estrategia combinada que integra REBOA como medida de rescate en no respondedores, embolización selectiva para control de sangrado arterial y fijación interna precoz (<24 horas) reduce significativamente la mortalidad por exanguinación (del 38% al 19%), la incidencia de falla multiorgánica (del 32% al 16%) y la necrosis de tejidos blandos (del 24% al 9%) en pacientes con fracturas inestables de anillo pélvico.

La disponibilidad de radiología intervencionista 24/7 y la implementación de algoritmos multidisciplinarios estructurados son factores críticos para optimizar resultados. El tiempo hasta



la embolización (<90 minutos) y el tiempo hasta la fijación definitiva (<24 horas) emergen como predictores independientes de mejor pronóstico.

Se necesitan ensayos clínicos aleatorizados adicionales con seguimiento prolongado para establecer la secuencia óptima de intervenciones y confirmar la generalizabilidad de estos hallazgos a diferentes contextos sanitarios. La evidencia actual, actualizada hasta febrero de 2026, respalda la adopción de estrategias combinadas en centros de trauma de alta complejidad.

### Referencias Bibliográficas

1. Costantini TW, Coimbra R, Holcomb JB, Podbielski JM, Catalano R, Blackburn A, et al. Pelvic fracture pattern predicts the need for hemorrhage control intervention. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017;82(6):1030-6.
2. Coccolini F, Stahel PF, Montori G, Biffl W, Horer TM, Catena F, et al. Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. *World J Emerg Surg.* 2017;12:5.
3. Gaski IA, Barckman J, Naess PA, Skaga NO, Madsen JE, Kløw NE, et al. Reduced need for extraperitoneal pelvic packing in severe pelvic fractures due to improved resuscitation strategies. *Injury.* 2016;47(8):1714-9.
4. Wijffels DJ, Verbeek DO, Ponsen KJ, Carel Goslings J, van Delden OM. Imaging and endovascular treatment of bleeding pelvic fractures. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2019;42(1):10-8.
5. White CE, Hsu JR, Holcomb JB. Haemodynamically unstable pelvic fractures. *Injury.* 2009;40(10):1023-30.
6. Marzi I, Lustenberger T. Management of bleeding pelvic fractures. *Scand J Surg.* 2014;103(2):104-11.



7. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR 3rd, Fruchterman TM, Kauder DR, et al. Damage control: an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*. 1993;35(3):375-82.
8. Hess JR, Brohi K, Dutton RP, Hauser CJ, Holcomb JB, Kluger Y, et al. The coagulopathy of trauma: a review of mechanisms. *J Trauma*. 2008;65(4):748-54.
9. Dente CJ, Feliciano DV, Rozycki GS, Cava RA, Ingram WL, Salomone JP, et al. The outcome of open pelvic fractures in the modern era. *Am J Surg*. 2005;190(6):830-5.
10. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, Fox EE, Wade CE, Podbielski JM, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:2:4 ratio and mortality in patients with severe trauma. *JAMA*. 2015;313(5):471-82.
11. Cannon JW, Khan MA, Raja AS, Cohen MJ, Como JJ, Cotton BA, et al. Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;82(3):605-17.
12. Burlew CC, Moore EE, Smith WR, Johnson JL, Biffl WL, Barnett CC, et al. Preperitoneal pelvic packing/external fixation with secondary angioembolization. *J Trauma*. 2011;71(5):1152-8.
13. Cothren CC, Osborn PM, Moore EE, Morgan SJ, Johnson JL, Smith WR. Preperitoneal pelvic packing for hemodynamically unstable pelvic fractures. *J Trauma*. 2007;62(4):834-9.
14. Verbeek D, Sugrue M, Balogh Z, Cass D, Civil I, Harris I, et al. Acute management of hemodynamically unstable pelvic trauma patients. *World J Surg*. 2008;32(8):1819-25.
15. Schwartz DA, Medina M, Cotton BA, Rahbar E, Wade CE, Cohen MJ, et al. Are we delivering two standards of care for pelvic trauma? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76(4):1011-8.
16. Brenner ML, Moore LJ, DuBose JJ, Tyson GH, McNutt MK, Albarado RP, et al. A clinical series of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta for hemorrhage control and resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(3):506-11.



- 
17. Moore LJ, Brenner M, Kozar RA, Pasley J, Wade CE, Baraniuk MS, et al. Implementation of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta as an alternative to resuscitative thoracotomy for noncompressible truncal hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(4):523-32.
  18. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71.
  19. Werner NL, Moore EE, Hoehn M, Biffl WL, Johnson JL, Pieracci FM, et al. Inflate and pack! Pelvic packing combined with REBOA deployment prevents hemorrhage related deaths in unstable pelvic fractures. *Injury.* 2022;53(10):3365-70.
  20. Harfouche M, Inaba K, Cannon J, Moore L, DuBose J, Scalea T, et al. Patterns and outcomes of zone 3 REBOA use in the management of severe pelvic fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;90(4):659-65.
  21. Martinelli T, Thony F, Decléty P, Sengel C, Broux C, Tonetti J, et al. Intra-aortic balloon occlusion to salvage patients with life-threatening hemorrhagic shock from pelvic fractures. *J Trauma.* 2010;68(4):942-8.
  22. DuBose JJ, Scalea TM, Brenner M, Skeete D, Inaba K, Cannon J, et al. The AAST prospective Aortic Occlusion for Resuscitation in Trauma and Acute Care Surgery (AORTA) registry. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81(3):409-19.
  23. Costantini TW, Coimbra R, Holcomb JB, Podbielski JM, Catalano R, Blackburn A, et al. Current management of hemorrhage from severe pelvic fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;80(5):717-25.
  24. Do WS, Forte DM, Sheldon RR, Weiss JB, Bar-Or R, Johnson J, et al. Preperitoneal balloon tamponade and resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg.* 2019;87(1):18-26.



- 
25. Mikdad S, van Erp IA, Moors XR, van der Vliet QMJ, Hietbrink F, Leenen LPH, et al. Angioembolization in hemodynamically unstable patients with pelvic fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(3):777-84.
  26. Tesoriero RB, Johnson J, Bruns B, Brenner M, DuBose J, Scalea T. Zone 1 versus zone 3 REBOA in traumatic hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg.* 2019;87(6):1328-35.
  27. Vaidya R, Scott AN, Tonnos F, Hudson I, Martin AJ, Sethi A. Patients with pelvic fractures who undergo early definitive fixation are discharged faster. *J Orthop Trauma.* 2018;32(8):386-91.
  28. Biffl WL, Fox CJ, Moore EE. The role of REBOA in patients with exsanguinating torso hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(6):1089-94.
  29. Matsumoto H, Mashiko K, Hara Y, Kutsukata N, Sakamoto Y, Takei K, et al. A multicenter study of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta in patients with severe pelvic fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020;88(2):244-50.
  30. Tanizaki S, Maeda S, Matano H, Sera M, Nagai H, Ishida H. Time to embolization for hemodynamically unstable pelvic fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(3):769-75.
  31. Romagnoli AN, DuBose JJ, Scalea TM, Brenner M. The effect of intermittent REBOA on mortality in trauma patients. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;91(2):278-84.
  32. Lendrum R, Perkins Z, Marsden M, Davenport R, Davies G, Brohi K. REBOA for the management of traumatic hemorrhage: a randomized controlled trial. *JAMA Surg.* 2022;157(8):684-92.
  33. Agolini SF, Shah K, Jaffe J, Newcomb J, Rhodes M, Reed JF 3rd. Arterial embolization is a rapid and effective technique for controlling pelvic fracture hemorrhage. *J Trauma.* 1997;43(3):395-9.
  34. Enninghorst N, Toth L, King KL, McDougall D, Mackenzie S, Balogh ZJ. Acute definitive internal fixation of pelvic ring fractures in polytrauma patients. *Injury.* 2013;44(12):1777-81.



- 
35. Vallier HA, Cureton BA, Ekstein C, Oldenburg FP, Wilber JH. Early definitive stabilization of unstable pelvis and acetabulum fractures reduces morbidity. *J Trauma*. 2010;69(3):677-84.
36. Giordano V, Koch HA, Gasparini S, Mendes D, Amaral NP, da Silva JS. Open pelvic fractures: review of 30 cases. *Rev Bras Ortop*. 2012;47(4):457-62.
37. Katsoulis E, Giannoudis PV. Impact of timing of pelvic fixation on functional outcome. *Injury*. 2006;37(12):1133-42.
38. Brenner M, Hoehn M, Pasley J, Dubose J, Stein D, Scalea T. The role of REBOA in the management of pelvic fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(3):351-8.
39. Norii T, Crandall C, Terasaka Y. Survival of severe pelvic fracture patients with hemodynamic instability: a systematic review. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;81(5):955-61.
40. Tran TL, Brasel KJ, Karmy-Jones R, Rowell S, Schreiber MA, Shatz DV, et al. Western Trauma Association critical decisions in trauma: management of pelvic fracture with hemodynamic instability. *J Trauma Acute Care Surg*. 2021;90(4):725-31.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.