



**EFFECTIVIDAD DE LA CRIOABLACIÓN EN EL MANEJO DE DOLOR
POSTOPERATORIO DEL PROCEDIMIENTO DE NUSS: REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

MARIA ISABEL CRISTINA CAMARGO AREYANES

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD**

**UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA**

ESPECIALIZACIÓN EN EPIDEMIOLOGÍA

BOGOTÁ, JULIO 2024

**EFFECTIVIDAD DE LA CRIOABLACIÓN EN EL MANEJO DE DOLOR
POSTOPERATORIO DEL PROCEDIMIENTO DE NUSS: REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

**EFFECTIVENESS OF CRYOABLATION IN THE MANAGEMENT OF
POSTOPERATIVE PAIN FOLLOWING NUSS PROCEDURE: SYSTEMATIC REVIEW.**

**Trabajo de investigación para optar al título de
ESPECIALISTA EN EPIDEMIOLOGÍA**

Presentado por

MARÍA ISABEL CRISTINA CAMARGO AREYANES
mariai.camargo@urosario.edu.co

Co-investigadores:

ISABELLA GARAVIS MONTAGUT
JORGE ANDRÉS RODRÍGUEZ VAN STRAHLEN

Tutor metodológico

ANACAONA MARTÍNEZ DEL VALLE

Tutor temático

RAPHAEL PARRADO

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

UNIVERSIDAD CES
FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALISTA EN EPIDEMIOLOGÍA
BOGOTÁ, JULIO 2024

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“Las Universidades del Rosario y la Universidad CES no se hacen responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Justificación del problema	10
2. Antecedentes	11
2.2. Pectus excavatum	11
2.3. Epidemiología	11
2.4. Etiología	11
2.5. Manifestaciones clínicas	12
2.6. Tratamiento del pectus excavatum: procedimiento de Nuss	12
2.7. Estrategias para manejo de dolor postoperatorio	13
2.7.1. Crioablación de nervio intercostal.....	13
2.7.2. Analgesia epidural torácica.....	14
2.7.3. Analgesia controlada por el paciente (PCA).....	14
2.7.4. Bloqueo paravertebral.....	14
2.8. Antecedentes de la revisión	15
3. Pregunta de revisión	16
4. Objetivos	17
4.2. Objetivo general	17
4.3. Objetivos específicos	17
5. Metodología	18
5.2. Protocolo y registro	18
5.3. Enfoque metodológico de la investigación	18
5.4. Tipo de estudio	18
5.5. Criterios de elegibilidad	18
5.5.1. Tipos de estudios.....	18
5.5.2. Tipos de participantes.....	18
5.5.3. Tipos de intervenciones.....	18
5.6. Criterios de exclusión	19
5.7. Estrategia de búsqueda	19
5.7.1. Fuentes de información.....	19
5.7.2. Métodos de búsqueda.....	19
5.7.3. Términos de búsqueda.....	19

5.8.	Técnicas de recolección	21
5.8.1.	Proceso de selección	21
5.8.2.	Diagrama de manejo de la información	22
5.9.	Extracción de los datos.....	22
5.9.1.	Data ítems	22
5.10.	Control de errores y sesgos	23
5.11.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	24
5.12.	Divulgación de los resultados	24
6.	<i>Consideraciones éticas y conflictos de interés</i>	25
7.	<i>Resultados</i>	26
7.1.	Resultados de la búsqueda.....	26
7.2.	Descripción de los estudios incluidos	27
7.3.	Características clínicas e intervenciones	28
7.4.	Desenlaces evaluados	29
7.5.	Riesgo de sesgo	32
8.	<i>Discusión</i>	33
9.	<i>Conclusiones.....</i>	35
10.	<i>Referencias.....</i>	36
11.	<i>Anexos.....</i>	40
11.1.	Estudios excluidos.....	40

Resumen

Antecedentes: El procedimiento de Nuss es la técnica de elección para la corrección del pectus excavatum(PE), sin embargo, los pacientes llevados a este procedimiento suelen presentar dolor de difícil control, por lo que se han propuesto diferentes técnicas para su manejo, entre estas la crioablación de nervio intercostal(CNI).

Objetivo: Comparar la crioablación de nervio intercostal con otras estrategias analgésicas en los pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.

Metodología: Se realizó una búsqueda sistemática en Pubmed, SCOPUS, Lilacs, IBECs y Medline de estudios que compararan la crioablación de nervio intercostal versus otras intervenciones analgésicas para manejo de dolor postoperatorio en pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.

Resultados: Después de tamizar 211 referencias, se incluyeron 11 estudios que cumplían con los criterios de selección. De estos solo 4 incluyeron el dolor postoperatorio como desenlace sin demostrar diferencia significativa, sin embargo, el 72% de los estudios demostraron una disminución en el uso de opiáceos y el 90% demostraron una disminución en la estancia hospitalaria en el grupo llevado a crioablación.

Conclusión: El uso de crioablación de nervio intercostal asociada o no a otras estrategias analgésicas demostró una disminución en el uso de opiáceos intrahospitalarios y la duración de la estancia hospitalaria, sin demostrar impacto en el primer día de dolor postoperatorio.

Se requiere más estudios en esta área para confirmar estos hallazgos. **Palabras clave:** Pectus excavatum, Procedimiento de Nuss, Crioablación, Dolor posoperatorio.

Abstract

Background: Pectus excavatum repair is often associated with significant postoperative pain. Over the years, surgical technique has progressed to the Nuss Repair with pain adjuncts such as intercostal nerve block and more recently cryoablation. **Objective:** To compare intercostal nerve cryoablation with other analgesic strategies in pediatric patients undergoing Nuss procedure. **Methodology:** A systematic review of Pubmed, SCOPUS, Lilacs, IBECs and Medline compared intercostal nerve cryoablation versus other analgesic adjuncts for postoperative pain management in pediatric patients undergoing a Nuss procedure. **Results:** After screening 211 references, 11 studies were enrolled. Only 4 studies included postoperative pain as an outcome without showing a significant difference, however, opioid consumption was decreased in 72% of the studies and 90% indicated a decrease in hospital length of stay in the cryoablation group. **Conclusion:** The use of intercostal nerve cryoablation with or without other analgesic strategies showed a reduction in opioid consumption and length of stay, without showing an impact on the first day of postoperative pain. Further research is encouraged to confirm and extend this finding to a longer postoperative period and after discharge. **Keywords:** Pectus excavatum, Nuss procedure, Cryoablation, Postoperative pain.

1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

El pectus excavatum (PE) representa el 90% de las deformidades congénitas de la pared torácica, siendo la más frecuente (1), con una incidencia del 0.1 al 0.8 por 100 personas, con predominio en el sexo masculino con una relación entre 2:1 y 9:1 (2). Se caracteriza por la depresión de la pared torácica anterior, que limita el espacio intratorácico y desplaza algunos órganos de su posición habitual, causando repercusiones en la función cardíaca o pulmonar dependiendo del grado de severidad (3).

A finales de los años 40, Ravitch propone el abordaje abierto para su corrección, sin embargo, desde 1998 Donald Nuss presenta la técnica mínimamente invasiva, la cual se ha mantenido como procedimiento de elección para la corrección del PE (1). Esta técnica ha demostrado adecuados resultados en cuanto a aumento de autoestima y tolerancia al ejercicio (4). Sin embargo, al igual que las otras, se asocia con gran dolor posoperatorio, por lo que se han propuesto distintas estrategias para su manejo sin llegar a un consenso, lo que impacta tanto en los días de estancia hospitalaria, como, en el consumo posoperatorio de opioides (5).

Recientemente, se ha planteado la crioblación de nervio intercostal como alternativa para el manejo de dolor posoperatorio, sin contar con suficientes estudios que lo comparen con las otras estrategias existentes como analgesia multimodal, epidural y bloqueo intercostal.

Por lo anterior, esta investigación pretende comparar los resultados del uso de la crioblación de nervio intercostal para el control del dolor en los pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss con las otras estrategias existentes.

1.2. Justificación del problema

Investigar la efectividad de la crioablación de nervio intercostal para manejo de dolor posoperatorio en pacientes llevados a procedimiento de Nuss busca impactar en la recuperación del paciente, así como, en la reducción de la estancia hospitalaria y en el uso crónico de opioides como estrategia de control de dolor.

Las revisiones sistemáticas publicadas a la fecha, no tienen en cuenta las nuevas técnicas como la crioablación de nervio intercostal para el control de dolor postoperatorio. Se encuentran en la literatura distintos protocolos y estudios aleatorizados que muestran su efectividad, sin embargo, no se encontró con un meta-análisis que sintetice los resultados.

Teniendo en cuenta, el efecto que genera el dolor postoperatorio en la recuperación de los pacientes, es necesario contar con estudios que comparen las diferentes estrategias existentes y de esta manera estandarizar un protocolo efectivo para su tratamiento.

Para cumplir con lo planteado, se realizó una revisión sistemática que describe los resultados del uso de crioablación de nervio intercostal versus otras intervenciones analgésicas para manejo de dolor postoperatorio en pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.

2. Antecedentes

2.2. Pectus excavatum

El pectus excavatum es la malformación congénita de la pared torácica más frecuente (88%)(4); caracterizada por la depresión del esternón y los cartílagos costales inferiores, principalmente del tercero al séptimo (3), generando la intrusión de la pared torácica anterior en la cavidad torácica, la cual, dependiendo el grado de severidad puede afectar la función cardíaca y/o pulmonar de quien lo padezca o ser completamente asintomática (6,7).

Esta malformación puede ser evidente al momento del nacimiento, sin embargo, se identifica en la niñez temprana y posteriormente, en la adolescencia, desarrollando una marcada depresión del esqueleto torácico debido a su crecimiento óseo (2).

2.3. Epidemiología

La incidencia del pectus excavatum se estima entre 0.1 y 0.8 por 100 personas, con una prevalencia al nacimiento de 1 en 400 nacidos vivos, con predominio en el sexo masculino con razones reportadas en la literatura que varían entre 2:1 y 9:1 respecto al femenino (2).

2.4. Etiología

Hasta la fecha, se desconoce la etiopatogénesis del pectus excavatum, sin embargo, múltiples estudios indican que puede deberse a una anomalía intrínseca de la estructura del cartílago condrocostal (3), apoyado en que puede presentarse de forma sindrómica, asociada a paciente con desórdenes del tejido conectivo, observado en Síndrome de Marfan, Síndrome de Ehlers-Danlos y en la deformidad de Sprengle (2,8).

En los casos que se presentan de forma aislada, se cree que se debe principalmente a fuerzas mecánicas y los síntomas que afectan a la vida diaria son poco frecuentes (2).

2.5. Manifestaciones clínicas

Los pacientes con pectus excavatum se caracterizan por la apariencia excavada en la pared anterior del tórax, con un cuadro clínico que varía desde asintomático con el defecto cosmético hasta disnea de esfuerzo, palpitaciones y arritmias (9).

El impacto del pectus excavatum en la función cardiopulmonar es controversial, sin embargo, aún existen indicaciones para su reparación teniendo en cuenta los beneficios fisiológicos de la misma (10,11).

Según Zens et al, la deformidad anatómica impacta en la función ventricular tanto izquierda como derecha y reduce la tolerancia al ejercicio en un tercio de los pacientes, correlacionando la disfunción cardiopulmonar con el grado de severidad de la deformidad medido con el índice de Haller (10).

2.6. Tratamiento del pectus excavatum: procedimiento de Nuss

El manejo quirúrgico del pectus excavatum se debe considerar en aquellos pacientes que presenten disfunción cardiopulmonar, evidenciada con pruebas de función pulmonar que reporte patrón restrictivo u obstructivo o cuando se documente compresión cardíaca, prolapso de válvula mitral, soplos o alteraciones en la conducción cardíaca (9,12).

Además, tienen indicación de corrección, aquellos pacientes en los que se calcule un índice de Haller en la tomografía de tórax mayor o igual a 3.25 o al observar compresión cardíaca o pulmonar en este estudio (12). La meta del procedimiento quirúrgico es corregir la deformidad torácica de modo que mejore la función cardiopulmonar y el impacto psicológico generado por esta afección (9).

Inicialmente, a finales de los años 40s, Ravitch propone un abordaje abierto para su corrección (1). Sin embargo, en 1987 Donald Nuss, realiza por primera vez un abordaje mínimamente invasivo, publicando su experiencia de una década en 1998. Desde entonces esta técnica ha presentado diversas modificaciones para hacer este procedimiento de forma más segura y exitosa (12).

El procedimiento de Nuss consiste en la inserción de una barra de metal curvada debajo del esternón que se alinea con la curvatura de la deformidad, con el objetivo de corregir la depresión del esternón y las costillas, demostrando resultados satisfactorios, tanto en mejoría de autoestima como tolerancia al ejercicio (7,8)

Según el meta-análisis realizado por Mao et al, el procedimiento de Nuss se asocia a menor tiempo quirúrgico y menor pérdida sanguínea comparado con el procedimiento de Ravitch, sin encontrar diferencias en los días de estancia hospitalaria (13).

Sin embargo, uno de los desafíos del procedimiento de Nuss o la reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum, es el importante dolor postoperatorio que genera debido a la presión que ejerce la barra sobre el esternón y al posterior reposicionamiento de las costillas (7), el cual repercute en la duración de la estancia hospitalaria y en el consumo de opioides para su control.

2.7. Estrategias para manejo de dolor postoperatorio.

Si bien se han reportado múltiples estrategias para el manejo de dolor postoperatorio, no se ha encontrado un método óptimo para su control, lo que aumenta los días de estancia hospitalaria y el requerimiento de opiáceos postoperatorios (7).

Dentro de los métodos utilizados para el control del dolor, se encuentran la analgesia torácica epidural, la analgesia controlada por el paciente (ACP), los bloqueos paravertebrales (7) y recientemente, la crioablación de nervio intercostal (14,15).

2.7.1. Crioablación de nervio intercostal

La crioablación de nervio intercostal se introdujo por primera vez en 1974 para prevenir el dolor postoracotomía, sin embargo, no es hasta 2016 cuando se describe su uso durante el procedimiento de Nuss (16).

La crioablación se realiza mediante la aplicación de una sonda de mango largo que se enfría aproximadamente a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que provoca la degeneración walleriana de

los axones nerviosos y, por tanto, impide la transmisión del dolor a través de los nervios intercostales (15).

La ventaja de la crioablación radica en la duración de su efecto analgésico, puesto que, dura hasta la regeneración axonal completa alrededor de 4 semanas. Además, esta técnica carece de los efectos secundarios de la anestesia epidural sobre las funciones sensoriales y motoras de las extremidades inferiores y del riesgo de complicaciones como la retención urinaria y la infección. Asimismo, carece de los efectos secundarios de los morfomiméticos como las náuseas y el mareo, por lo que se propone como una nueva alternativa para el manejo de dolor posterior a la reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum, reduciendo días de estancia hospitalaria y uso de opiáceos (14,15).

2.7.2. Analgesia epidural torácica

La analgesia epidural consiste en la inyección de un anestésico local, un opioide o la combinación de ambos, en la columna vertebral fuera de la duramadre, como único anestésico o como complemento de la anestesia general para la analgesia postoperatoria. Asimismo, puede administrarse como una inyección única o como una dosis de carga seguida de una infusión continua, a través de un catéter epidural para controlar el dolor postoperatorio durante los primeros días (17).

2.7.3. Analgesia controlada por el paciente (PCA)

La analgesia intravenosa o epidural controlada por el paciente con opiáceos, consiste en el manejo de la analgesia mediante el uso de un controlador electrónico por parte del paciente, que tiene como objetivo liberar pequeñas dosis de opioide por vía intravenosa o epidural según sus necesidades. De este modo, el paciente puede ajustar la administración de opiáceos a su nivel de dolor (17).

2.7.4. Bloqueo paravertebral

El principio del bloqueo paravertebral consiste en la inyección de un anestésico local en el espacio paravertebral para bloquear las raíces de los nervios raquídeos tras su salida del agujero intervertebral, el cual puede realizarse mediante una inyección única o utilizando la colocación de un catéter para analgesia continua. Por lo que se ha convertido en una alternativa a la analgesia epidural (18).

2.8. Antecedentes de la revisión

Teniendo en cuenta el dolor asociado al procedimiento de Nuss, diversas técnicas se han comparado para estandarizar su manejo, sin embargo, hasta el momento, no se ha realizado una revisión sistemática que compare las diversas alternativas, por ejemplo, Archer et al (7), compararon la analgesia controlada por el paciente, los bloqueos paravertebrales y la analgesia epidural torácica, sin incluir la crioablación de nervio intercostal, la cual solo se ha comparado en revisión sistemática y metaanálisis con la analgesia epidural descrita por Daemen et al (15), sin tener un consenso claro en la literatura.

3. Pregunta de revisión

¿Es la crioablación de nervio intercostal superior para el manejo de dolor postoperatorio en paciente llevados a procedimiento de Nuss?

Tabla 1. Metodología PICO

PICO	Conceptos
Población	Paciente menores de 18 años sometidos a procedimiento de Nuss
Intervención	Crioablación de nervio intercostal
Comparación	Otras estrategias analgésicas
Desenlaces	<ul style="list-style-type: none">• Dolor primer día posoperatorio• Días de estancia hospitalaria• Consumo de opioides

4. Objetivos

4.2. Objetivo general

Comparar la crioablación de nervio intercostal con otras estrategias analgésicas en los pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.

4.3. Objetivos específicos

- Describir la población llevada a procedimiento de Nuss.
- Caracterizar las intervenciones analgésicas más utilizadas para el control del dolor en los pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.
- Comparar los resultados de las intervenciones analgésicas en los pacientes pediátricos llevados a procedimiento de Nuss.

5. Metodología

5.2. Protocolo y registro

Este protocolo se construyó utilizando la guía PRISMA (del inglés, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para la elaboración de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Adicionalmente se registró en la base de datos internacional de revisiones sistemáticas PROSPERO el 01 de agosto de 2023, con ID: CRD42023445532.

5.3. Enfoque metodológico de la investigación

El enfoque metodológico de la investigación se fundamenta en la postura empírico-analítica y es de tipo cuantitativa.

5.4. Tipo de estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura hasta septiembre de 2023, con restricción a estudios publicados en inglés y español que incluyeran población pediátrica (menores de 18 años).

5.5. Criterios de elegibilidad

5.5.1. Tipos de estudios

Ensayo clínicos aleatorizados, ensayo clínico no aleatorizado, estudios de cohorte prospectivos y/o retrospectivos.

5.5.2. Tipos de participantes

Hombres y mujeres menores de 18 años en quienes se realizó procedimiento de Nuss para la corrección del pectus excavatum.

5.5.3. Tipos de intervenciones

Estudios que compararon la crioblación de nervio intercostal versus otras estrategias analgésicas durante el procedimiento de Nuss para la reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum.

5.6. Criterios de exclusión

No se incluyeron pacientes con comorbilidades que incluyan presentación sindromática del pectus excavatum como enfermedades del tejido conectivo y pacientes con reintervención.

5.7. Estrategia de búsqueda

5.7.1. Fuentes de información

Para la realización de este estudio se utilizaron fuentes secundarias, revisando la literatura publicada en revistas indexadas pertenecientes a las siguientes bases de datos: Pubmed, SCOPUS, Lilacs, IBECS y Medline. Lo anterior debido a que con SCOPUS e IBECS se revisó la literatura europea y oriental; al utilizar Pubmed y Medline se incluyen las publicaciones de Estados Unidos y Canadá; y con Lilacs se abarcó lo publicado en Centro y Suramérica, lo que permitió un amplio cubrimiento en la búsqueda de literatura.

5.7.2. Métodos de búsqueda

Los estudios potencialmente elegibles se identificaron mediante búsquedas en bases de datos electrónicas, utilizando términos libres, términos MeSH y Emtree relacionados con pectus excavatum, la corrección mínimamente invasiva, el uso de crioblación y los desenlaces a evaluados, asimismo, se aplicaron filtro de 10 años en cuanto a fecha de publicación.

5.7.3. Términos de búsqueda

Tabla 2. Estrategia de términos de búsqueda

Términos DeCS	Términos MESH o Emtree	Términos libres en inglés	Términos libres en español
Términos relacionados con la condición de interés			
Tórax en Embudo	Chest, Funnel	Funnel Chest	

Términos DeCS	Términos MESH o Emtree	Términos libres en inglés	Términos libres en español
Pectus Excavatum	Funnel Chest	Pectus excavatum	
Tórax Excavado	Pectus Excavatum		
Tórax de Zapatero	Excavatum, Pectus		
Tórax en Embudo Congénito	Nuss procedure		
Términos relacionados con las intervenciones de interés			
Criocirugía Crioablación	Cryosurgeries Cryoablation Cryoablations	Cryoablation	
Términos relacionados con las intervenciones de interés			
	Patient reported outcomes. Pain, postoperative Pain scales Observational pain scales Visual analogue scale	Postoperative pain	

Según la base de datos de búsqueda los términos fueron conectados por medio de operadores booleanos de la siguiente manera, en las fechas mencionadas:

Tabla 3. Algoritmos de búsqueda.

Fuente	Algoritmo	Fecha consulta	Alcance
Pubmed	((("pectus excavatum"[All Fields] OR "funnel chest"[MeSH Terms]) AND ("pain, postoperative"[MeSH Terms] OR "patient reported outcomes"[All Fields] OR "visual analogue scale"[All Fields] OR "pain scales"[All Fields] OR "observational pain scales"[All Fields])) AND (y_10[Filter]))	2/9/23 22:43	105
Medline	((("pectus excavatum" OR "funnel chest") AND ("pain, postoperative" OR "patient reported outcomes" OR "visual analogue scale" OR "pain scales" OR "observational pain scales")))	11/28/22 17:40	147
IBECS	((("pectus excavatum" OR "funnel chest") AND ("pain, postoperative" OR "patient reported outcomes" OR "visual analogue scale" OR "pain scales" OR "observational pain scales")))	11/28/22 17:40	4
Lilacs	((("pectus excavatum" OR "funnel chest") AND ("pain, postoperative" OR "patient reported outcomes" OR "visual analogue scale" OR "pain scales" OR "observational pain scales")))	11/28/22 17:40	1
SCOPUS	((("pectus excavatum" OR "funnel chest") AND ("pain, postoperative" OR "patient reported outcomes") AND ("Nuss procedure"))	12/8/22 17:53	166

5.8. Técnicas de recolección

5.8.1. Proceso de selección

Una vez se concluyó la búsqueda en las bases de datos, se descartaron los duplicados utilizando el programa informático de gestión de referencias Zotero. Mediante el uso de la plataforma inteligente de colaboración en investigación

Rayyan se realizó el tamizaje inicial por dos revisores independientes de forma cegada en función de su título y resumen (abstract). Posteriormente, se tamizaron por lectura de texto completo los artículos potencialmente elegibles de acuerdo con los criterios predefinidos. En caso de desacuerdos estos fueron resueltos por consenso.

5.8.2. Diagrama de manejo de la información

Se presentaran los estudios de acuerdo al diagrama establecido en las guías PRISMA.

5.9. Extracción de los datos

Se construyó un instrumento de recolección utilizando Excel, en el que se incluyeron variables de identificación de los artículos, variables relacionadas con la población, la intervención y los desenlaces, así como, las variables relacionadas con la valoración de la calidad de la evidencia de los estudios incluidos. Las diferencias de extracción fueron resueltas por discusión entre los revisores.

Además, se construyó un segundo instrumento para tabular la información relacionada con los estudios excluidos.

Los datos de los estudios se extrajeron mediante un formulario de extracción de datos con los siguientes data ítems.

5.9.1. Data ítems

Tabla 4. Variables incluidas

Variable	Descripción
Nombre del artículo	Título del artículo
Identificador único del artículo	DOI, PMID, ClinicaltrialsNumber.
Autor	Autor del artículo
Diseño de estudio	Tipo de estudio
País de publicación	País en el que se publicó el artículo
Año de publicación	Año en el que se publicó el artículo
Número de participantes	Número de participantes descritos, discriminados por grupos de intervención

Variable	Descripción
Edad	Edad en años
Sexo	Femenino Masculino
Índice de Haller	Índice de severidad de pectus excavatum en tomografía de tórax, en cm.
Número de barras utilizadas	Edad de barras utilizadas para la corrección.
Tiempo quirúrgico	Tiempo en minutos de duración del procedimiento quirúrgico.
Dolor	De acuerdo a la escala reportada en el estudio primario
Tipo de analgesia utilizada	Analgesia controlada por el paciente Analgesia epidural torácica Bloqueos paravertebrales Crioablación de nervio intercostal Analgesia multimodal
Medicamentos utilizados	Descripción de los fármacos utilizados en analgesia diferente a crioablación
Número de niveles intervenidos	En caso de crioablación
Temperatura de crioablación	Temperatura en grados centígrados utilizada
Duración de estancia hospitalaria	Días de estancia hospitalaria desde el procedimiento quirúrgico hasta el egreso.
Consumo total de opiáceos	Consumo total de opiáceos en miligramos equivalentes de morfina.
Complicaciones	Eventos adversos ocurridos durante la cirugía inicial o en un plazo de 30 días

5.10. Control de errores y sesgos

Una vez seleccionados los estudios dos evaluadores realizaron de manera independiente la lectura de cada artículo y evaluaron la calidad de los mismos.

El riesgo de sesgo de cada estudio incluido se evaluó tal como se indica en la Sección 8.5 del Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas de Intervención, aplicando la herramienta **ROBINS-I** para evaluar los estudios no aleatorizados de intervención y se analizó utilizando la aplicación web robvis, que forma parte un conjunto de herramientas para realizar síntesis de evidencias en R.

5.11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó un cuadro descriptivo con los resultados extraídos de cada estudio incluyendo las características generales y de las intervenciones realizadas, así como, los desenlaces. Además, se interpretaron los resultados para cada variable en función de los datos extraídos. Se evaluó la posibilidad de realizar un metaanálisis para los desenlaces principales.

5.12. Divulgación de los resultados

Los resultados de esta investigación serán presentados en el formato de artículo de revista y se someterá para publicación en una revista indexada.

6. Consideraciones éticas y conflictos de interés

Esta revisión fue realizada por médicos generales, cirujana en formación, cirujano en formación de segunda especialidad y epidemióloga, ninguno de los anteriores declaró conflicto de interés.

Asimismo, la presente investigación está considerada sin riesgo según el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y la declaración de Helsinki, y cumple con los aspectos éticos considerados en la misma, prevaleciendo las probabilidades de beneficio esperado sobre los riesgos predecibles.

La estrategia de búsqueda fue creada utilizando los términos MeSH y términos libres adaptados para cada base de datos siguiendo los algoritmos descritos (Tabla 3), la extracción y procesamiento de la información se realizó por dos investigadores de forma independiente, siguiendo el protocolo establecido, de tal forma que se disminuyera el sesgo de riesgo personal.

7. Resultados

7.1. Resultados de la búsqueda

Por medio de la estrategia de búsqueda se encontraron 423 artículos en las bases de datos consultadas, de estos 212 correspondían a duplicados, tras su eliminación, 211 artículos se revisaron en función de título y resumen (abstract) y de estos 190 fueron descartados al no cumplir con los criterios de inclusión. Posteriormente, 21 reportes se revisaron como artículos completos y de estos 10 reportes fueron excluidos al no cumplir con los criterios previamente descritos, pues incluían población adulta, condiciones sindrómicas o no contaban con comparadores de la intervención de interés (Figura 1).

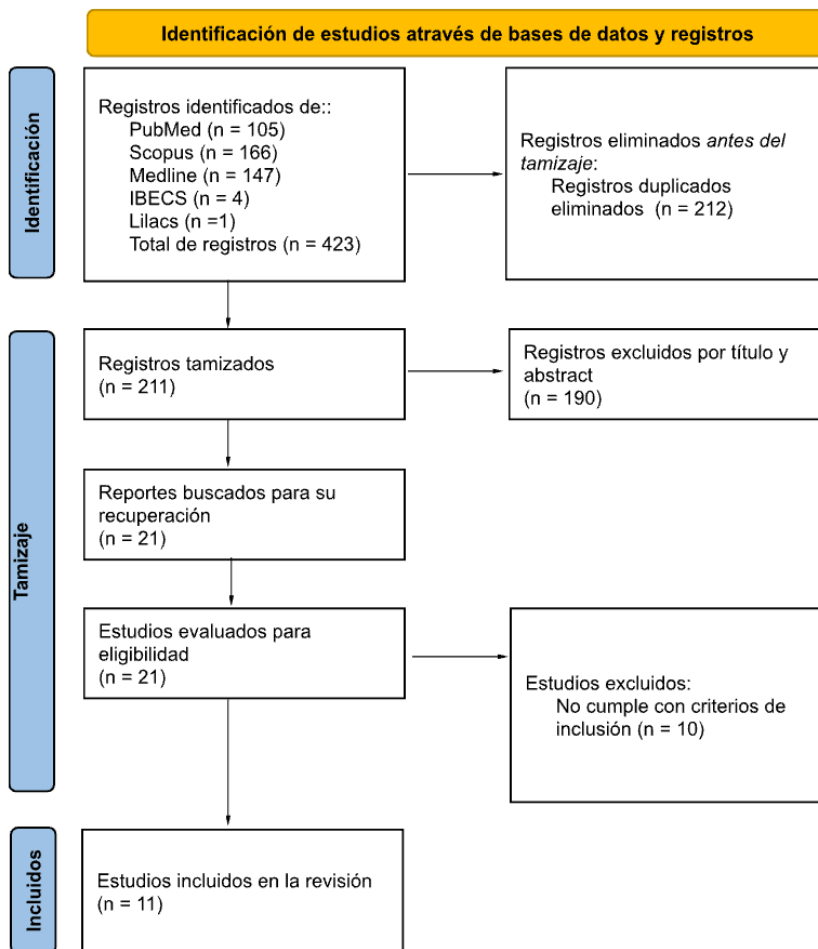


Figura 1. Diagrama de flujo de la información en cada una de las diferentes etapas de esta revisión sistemática utilizando PRISMA.

7.2. Descripción de los estudios incluidos

Los 11 estudios incluidos eran de tipo retrospectivo, se realizaron en Estados Unidos y fueron publicados entre los años 2016 y 2022. En la tabla 5 se resumen las características de la población de cada uno. De estos, 6 estudios comparaban la crioblación de nervio intercostal (CNI) con analgesia epidural torácica y/o PCA, 2 estudios comparaban la CNI únicamente con analgesia epidural torácica y 3 estudios la comparaban con otras estrategias de analgesia multimodal que incluían bloqueo de nervio intercostal y uso de bombas elastoméricas, las características de las intervenciones se encuentran resumidas en la tabla 6 y los desenlaces en la tabla 7.

Debido a la naturaleza heterogénea de los estudios en cuanto a los resultados informados y los métodos de medición utilizados, no fue posible realizar un metaanálisis de los estudios incluidos. Se agruparon en función de las intervenciones realizadas (crioblación y no crioblación) y, se resumieron los resultados. En este punto no fue posible realizar más análisis estadísticos, pero las tendencias generales de los datos se describieron en la tabla 8.

Tabla 5. Características de los estudios incluidos

Estudio	Año de publicación	Diseño de estudio	País de publicación	Número de participantes	Número de participantes CNI (n)	Número de participantes No CNI (n)	Edad CNI	Sexo (% M) CNI	Índice de Haller CNI
Zeineddin et al (18).	2022	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	198	100	98	Me15 RIQ [14-16]	84%	Me 3.9 RIQ [3.4 - 4.6]
Sun et al (19).	2021	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	184	65	119	Me 16 RIQ [15-17]	91%	Me 4.0 RIQ [3.6-4.5]
Sujka et al (20).	2018	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	28	9	19	NR	100%	M 6.3 DE [± 4.3]
Harbaugh et al (21)	2018	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	32	19	13	Me 15 RIQ [15-17]	100%	Me 4.3 RIQ [3.6 - 4.9]
Dekonenko et al (22)	2019	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	100	35	65	Me 16 RIQ [14-17]	82.4%	Me 4.6 RIQ [3.6 - 5.4]
Arshad et al (23).	2022	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	35	20	15	Me 14.8 RIQ [13.5 - 16.2]	90%	Me 3.8 RIQ [3.3 - 4.3]

Estudio	Año de publicación	Diseño de estudio	País de publicación	Número de participantes	Número de participantes CNI (n)	Número de participantes No CNI (n)	Edad CNI	Sexo (% M) CNI	Índice de Haller CNI
Aiken et al (14).	2021	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	73	35	38	Me 15 RIQ [14-17]	88.6%	NR
Keller et al (24).	2016	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	52	26	26	M 15.5 DE [±1.53]	77%	M 4.23 DE [± 1.36]
Parrado et al (25).	2019	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	101	45	56	Me 15.4 RIQ [14.1-16.8]	86.7%	Me 4.7 RIQ [3.9-5.9]
Morikawa et al (26).	2018	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	19	6	13	M 14	NA	NR
Lai et al (27)	2022	Cohorte retrospectivo	EE.UU.	115	50	65	Me 15 RIQ [14-16]	88%	Me 4.5 RIQ [4.1-5.5]

NR: no reportado, Me: mediana, RIQ: rango intercuartílico, M: media, DE: desviación estándar.

7.3. Características clínicas e intervenciones

La población incluyó un total de 937 pacientes, todos llevados a reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum, la edad y el sexo predominante (masculino) fueron similares en todos los estudios; 7 de los estudios presentaron un índice de Haller semejante; del mismo modo los protocolos de crioablación fueron similares, se intervinieron entre 4 y 5 niveles intercostales, utilizando temperaturas entre -60 °C y -70 °C, 2 de los estudios no reportaron esta información. Del mismo modo, en todos los estudios el tiempo quirúrgico fue mayor en el grupo en el que se realizó crioablación de nervio intercostal al compararlo en relación con el grupo control.

Tabla 6. Características de las intervenciones

Estudio	Número de barras utilizadas	Número de niveles intervenidos	Temperatura de CNI	Tiempo quirúrgico CNI	Tiempo quirúrgico No CNI	Tipo de analgesia utilizada No CNI	Medicamentos utilizados No CNI
Zeineddin et al (18). (2022)	1	5	- 60°C	Me 59.5 RIQ [54-69]	Me 52 RIQ [40-65]	Bloqueo paravertebral bilateral PCA	Infusión de Ketamina e hidromorfona
Sun et al (19). (2021)	NR	5	-65°C a -70°C	69 [53-81]	Epidural: 59 [50-755] PCA: 69 [53-81] PCA + bomba elastomérica: 71 [61-95]	Epidural Bloqueo paravertebral PCA.	Anestesia local: Ropivacaína con fentanilo o hidromorfona Bloqueo paravertebral: bupivacaína
Sujka et al(20). (2018)	NR	4	NR	98.4 [17]	64.2 [13.3]	Epidural PCA	NR

Estudio	Número de barras utilizadas	Número de niveles intervenidos	Temperatura de CNI	Tiempo quirúrgico CNI	Tiempo quirúrgico No CNI	Tipo de analgesia utilizada No CNI	Medicamentos utilizados No CNI
Harbaugh (21)(2018)	>1	4 o 5	-60°C	131 [112 - 180]	92 [75-160]	Epidural	Hidromorfona y bupivacaina
Dekonenko (22)(2019)	NR	4	NR	101 [78 - 124]	Epidural 58 [51-79] PCA: 57 [47 - 68]	Epidural PCA	NR
Arshad et al (23). (2021)	1 o 2	5	NR	NR	NR	PCA o epidural	NR
Aiken et al. (14)(2021)	NR	5	-60°C	152 [136 - 179]	74 [65-95]	PCA o epidural	Bupivacaina
Keller et al. (24)(2016)	1 o 2	5	-60°C	114.2 [27.9]	94.3 [23.57]	Epidural	Hidromorfona con o sin bupivacaina
Parrado et al (25). (2019)	NR	4	-60°C	124 [107-144]	Analgesia multimodal 108 [68-130] Elastomérica + Analgesia multimodal 118 [98-142]	Analgesia multimodal Bomba elastomérica	PCA: Hidromorfona o fentanilo Parche de clonidina en recuperación
Morikawa et al. (26)(2018)	NR	5	NR	128 [101-179]	121 [75-189]	PCA o epidural	NR
Lai et al. (27)(2022)	NR	5	2	NR	NR	Bomba elastomérica Analgesia multimodal	Multimodal: Oxicodona, gabapentina, acetaminofén, ibuprofeno, diazepam, clonidina.

NR: no reportado, Me: mediana, RIQ: rango intercuartílico, M: media, DE: desviación estándar, PCA: analgesia controlada por el paciente

7.4. Desenlaces evaluados

Solo 4 estudios reportaron escalas de dolor postoperatorio, sin embargo, en ninguno de estos el uso de CNI tuvo impacto significativo en la disminución del dolor al día 1 del postoperatorio respecto al comparador.

De los 11 estudios, 8 evaluaron el consumo de opiáceos y demostraron una disminución significativa de su uso en el grupo en el que se realizó CNI asociada o no a otras estrategias de manejo al compararla con los que no recibieron CNI. 2 estudios no evaluaron este desenlace y 1 demostró únicamente disminución del consumo de opiáceos de forma intraoperatoria.

A excepción de uno de los estudios, todos demostraron una disminución de la duración de la estancia hospitalaria en el grupo que recibió CNI asociado o no a otras estrategias de manejo.

Por último, solo uno de los estudios reportó diferencia en las complicaciones presentadas en el grupo llevado a CNI, mientras que 5 no demuestran diferencia significativa y 4 de los estudios no reportan este desenlace. Los desenlaces de esta revisión se describen en la tabla 7.

Tabla 7. Desenlaces

Estudio	Dolor día 1 POP CNI	Dolor día 1 POP No CNI	Duración de estancia hospitalaria CNI (días)	Duración de estancia hospitalaria No CNI (días)	Consumo total de opiáceos CNI (OME/Kg)	Consumo total de opiáceos No CNI (OME/Kg)	Complicaciones CNI	Complicaciones No CNI
Zeineddin et al. (28)(2022)	NR	NR	Me 1 RIQ [1-2]	Epidural Me 4 RIQ[3-4]	Me 0.4 RIQ [0.2-0.7]	Me 7.5 RIQ [5.8 - 9.2]	Alguna complicación: 15% Dolor neuropático 3% ISO 5% Toracostomía 6% Neumonía 1% Derrame pleural 1%	Alguna complicación: 25.5% Dolor neuropático: 9.2% ISO: 7.1% Toracostomía: 3.1% Neumonía 2% Desplazamiento de la barra 5.1%
Sun et al.(19) (2021)	NR	NR	Me 2 RIQ [1-2]	Epidural: Me 4 RIQ [4-5] PCA: Me 4 RIQ [3-5] PCA con bomba elastomérica: Me 3 RIQ [3-4]	Me 1.2 RIQ [0.7-1.9]	Me 5 RIQ [3.5-6.6] Epidural Me 4.3 RIQ [3.6-5.4] PCA Me 5.8 RIQ [4.1-8.1] PCA con bomba elastomérica: Me 3.5 RIQ [2.3-5.7]	Alguna complicación: 25% Derrame pleural: 11% Toracostomía postoperatoria: 6% Desplazamiento de la barra: 8% ISO:2% Retención urinaria: 8% Alodinia: 6%	Alguna complicación: 40% Hemotórax: 1% Neumotórax: 2% Derrame pleural: 7% Toracostomía postoperatoria: 4% Desplazamiento de la barra: 1% ISO: 1% Retención urinaria: 34% Alodinia: 1%
Sujka et al. (20)(2018)	M 5.4	M 5.1	M 1.4 DE [±0.72]	M 4.0 DE [±1]	NR	NR	NR	NR
Harbaugh et al (21)(2018)	Me 5 RIQ [3-7]	Me 4 RIQ [2-5]	Me 3 RIQ [3-4]	Me 6 RIQ [5-7]	Me 1.08 RIQ [0.87-1.37] OME/Kg	0.46 [0.37-0.67] OME/Kg	Alguna complicación: 42.1% - Reintervención 10.5% Dolor prolongado 26.3% Hemotórax o neumotórax 10.5% Desplazamiento	Alguna complicación: 53.9% - Reintervención 7.7% Dolor prolongado 30.8% Hemotórax o neumotórax 7.7% Desplazamiento

Estudio	Dolor día 1 POP CNI	Dolor día 1 POP No CNI	Duración de estancia hospitalaria CNI (días)	Duración de estancia hospitalaria No CNI (días)	Consumo total de opiáceos CNI (OME/Kg)	Consumo total de opiáceos No CNI (OME/Kg)	Complicaciones CNI	Complicaciones No CNI
							de la barra 5.3% ISO 5.3% Retención urinaria 26.3%	de la barra 0% ISO 0% Retención urinaria 30.8%
Dekonenko et al (29)(2019)	Me 5 RIQ [4-7]	Epidural Me 6 RIQ [5-8] PCA Me 5 RIQ[4-7]	Me 1 RIQ [1-1.3]	Epidural: Me 4.3 RIQ [4.1 - 5.1] PCA: Me 4.2 RIQ [3.4 - 5.2]	NR	NR	NR	NR
Arshad et al. (30)(2021)	NR	NR	Me 3.1 RIQ [2.3 - 3.4]	Me 5.1 RIQ [4.3-5.4]	Me 2.3 RIQ [1.2-3.1]	Me 4.9 RIQ [2.9 - 5.8]	15%	33%
Aiken et al. (14)(2021)	NR	NR	Me 1 RIQ [1-2]	Me 4 RIQ [3-5]	Me 22.5 RIQ [7.5-67.5]*	Me 410.8 RIQ [331.8 - 605.3]*	NR	NR
Keller et al. (24)(2016)	NR	NR	M 3.47 DE [±0.83]	M 5.79 DE [±0.93]	M 49.03 DE [±32.7]*	M 119.8 DE [±95.1]*	12% Desplazamiento de la barra	0% No presentaron desplazamiento de la barra
Parrado et al. (25)(2019)	NR	NR	Me 3 IRQ [3-4]	Analgesia multimodal Me 4 RIQ [3-4] Bomba elastomérica + Analgesia multimodal Me 4 RIQ[3-4]	Me 97.5 RIQ [67.5-135]*	Analgesia multimodal Me 114 RIQ [90-195]* Bomba elastomérica + Analgesia multimodal Me 138.8 RIQ [112.5-187.5]	Neumotórax, derrame pleural, infección de la herida, neumonía.	Neumotórax, derrame pleural, neumonía, movilización de la barra.
Morikawa et al.(26) (2018)	NR	NR	M 2.2 DE [±0.4]	M 3.7 DE [±1.2]	M 6.4 DE [±5.6]	M 17.9 [±12.3]	33.3%	0%
Lai et al. (27)(2022)	NR	NR	Me 2 RIQ [2-2]	Bomba elastomérica Me 4 RIQ [3-5] Analgesia multimodal Me 3 RIQ [3-4]	Me 0.51 RIQ [0.28-0.93]	Bomba elastomérica Me 6.48 RIQ [4.8-10.08] Analgesia multimodal Me 9.56 RIQ [6.19-13.86]	ISO 0% Neumonía: 2% Toracostomía 0%	Bomba elastomérica ISO: 4% Neumonía 2% Toracostomía POP 2% Analgesia multimodal ISO 2% Neumonía 0% Toracostomía 0%

NR: no reportado, Me: mediana, RIQ: rango intercuartílico, M: media, DE: desviación estándar, PCA: analgesia controlada por el paciente, ISO: infección de sitio operatorio.

*Datos presentados en miligramos equivalentes de morfina

Tabla 8. Resumen de desenlaces

	Zineddin et al. (2022)	Sun et al. (2021)	Sujka et al. (2018)	Harbaugh (2018)	Dekonenko (2019)	Arshad et al. (2021)	Aiken et al. (2021)	Keller et al. (2016)	Parrado et al. (2019)	Morikawa et al. (2018)	Lai et al. (2022)
Dolor día 1 POP	NR	NR	ND p = 0.58	ND p = 0.32	ND p = 0.12	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Consumo total de opiáceos intrahospitalarios	Disminución p = <0.01	Disminución p = 0.0001	NR	Disminución intraoperatoria p = 0.002 ND en postoperatorio p = 0.8	NR	Disminución p = <0.001	Disminución p = <0.01	Disminución p = 0.0011	Disminución p = 0.002	Disminución p = 0.05	Disminución p = <0.05
Duración estancia hospitalaria	Disminución p = <0.01	Disminución p = 0.0001	Disminución p = 0.00	Disminución p = <0.001	Disminución p = <0.01	Disminución p = <0.001	Disminución p = <0.01	Disminución p = <0.001	ND p = 0.39	Disminución p = 0.01	Disminución p = <0.05
Complicaciones	ND p = 0.07	Disminución p = 0.03	NR	ND p = 0.51	NR	ND p = 0.27	NR	NR	ND	ND	ND

NR: no reportado, ND: No presenta diferencia.

7.5. Riesgo de sesgo

En relación con el riesgo de sesgo, en general, todos los estudios incluidos presentaron un riesgo moderado. La evaluación para cada dominio se reporta en la tabla de resumen del riesgo de sesgo para cada estudio (Figura 2).

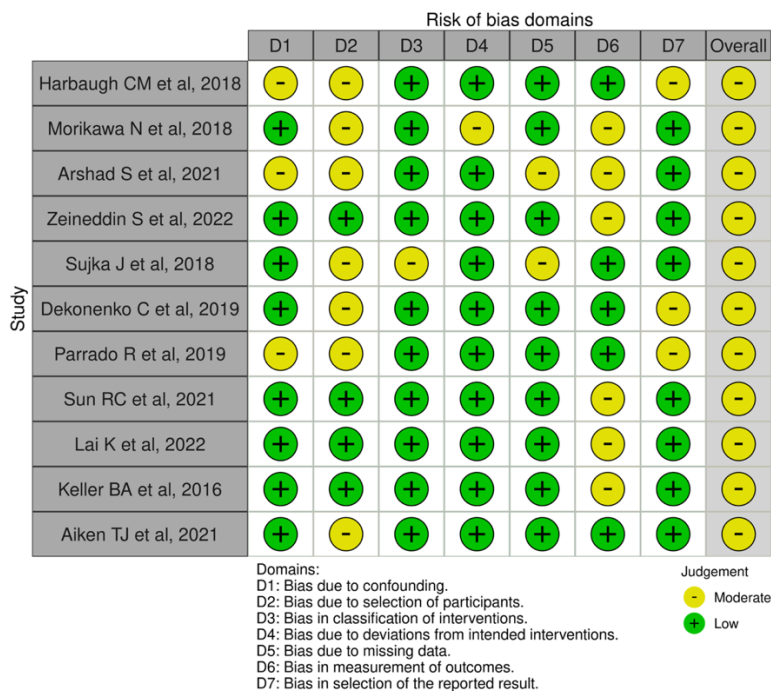


Figura 2. Resumen del riesgo de sesgo para cada estudio

8. Discusión

El dolor posoperatorio posterior al procedimiento de Nuss sigue siendo un reto para el cirujano, sin embargo, se han propuesto múltiples estrategias para su manejo, que impactan en desenlaces como la estancia hospitalaria y el consumo total de opioides, sin existir un consenso sobre el tratamiento óptimo del mismo (21).

Últimamente, el uso de crioanalgesia ha cobrado popularidad como procedimiento para reducir el dolor posoperatorio tras la reparación del pectus excavatum; este consiste en la congelación de los nervios intercostales para así, causar una degeneración walleriana de los axones nerviosos y, por tanto, impedir la transmisión nerviosa del estímulo doloroso (31).

Hedge et al (32) realizaron un estudio retrospectivo con seguimiento a 90 pacientes llevados a reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum en quienes utilizaron crioanalgesia y los comparaban con pacientes en los que no se realizó esta estrategia, con resultados que mostraron una reducción en los días de estancia y costos hospitalarios, así como complicaciones postoperatorias desarrolladas. Estos resultados siguen la tendencia evidenciada en los estudios retrospectivos mencionados (14,19,24,26–28,30) y coinciden con los resultados obtenidos en esta revisión.

Los 11 estudios incluidos abarcaron 937 pacientes en total, con resultados que si bien no demuestran un impacto directo en el dolor al primer día de posoperatorio, evidencian una tendencia a disminuir los días de estancia hospitalaria y el consumo total de opioides durante la hospitalización, sin demostrar un impacto en las complicaciones presentadas en dichos pacientes, puesto que, el perfil de efectos secundarios de este procedimiento es favorable y presenta una mínima morbilidad asociada (33).

Adicionalmente, se ha reportado que el uso de crioanalgesia en conjunto con un protocolo ERAS adecuado y un seguimiento postoperatorio estrecho puede reducir la

estancia hospitalaria hasta un día, incluso plantean la posibilidad de dar salida el mismo día de forma segura (29,34,35).

En contraposición a lo anterior, algunos estudios plantean la falta de seguimiento de efectos adversos a largo plazo como una limitante para la aplicación de esta terapia, dado que se no se conoce el retorno del funcionamiento sensorial de los nervios sometidos al procedimiento (33,36).

Si bien los resultados apuntan a favor de la crioablación como una estrategia segura, se desconocen sus efectos a largo plazo y se observó en algunos estudios el desplazamiento de las barras como complicación asociada (24,33).

Ahora bien, se deben tener en cuenta las limitaciones de esta revisión puesto que, los estudios incluidos son de tipo retrospectivos y no se incluyeron estudios prospectivos o ensayos clínicos aleatorizados, por lo tanto, las conclusiones sobre el verdadero efecto de la crioanalgesia en pacientes pediátricos son limitadas. Asimismo, no se pudo realizar un análisis estadístico dado la heterogeneidad en los datos presentados, por consiguiente, otros estudios deben realizarse para corroborar y extender los resultados expuestos en esta revisión.

9. Conclusiones

Los resultados de esta revisión sistemática deben interpretarse con cautela, ya que la escasez de datos limita las conclusiones sobre este tema, sin embargo, los datos disponibles sugieren que la utilización de crioablación de nervios intercostales de entre 4 y 5 niveles como técnica analgésica presenta una disminución en la estancia hospitalaria y en el uso total de opioides en el postoperatorio de los pacientes llevados a reparación mínimamente invasiva del pectus excavatum, por otro lado, también sugiere que los tiempos quirúrgicos aumentan al realizar dicha técnica, sin impactar en las complicaciones presentadas. Se requieren más estudios en esta área para confirmar estos hallazgos.

10. Referencias

1. Araújo MEDA, Penha ADP, Westphal FL, Silva MT, Galvão TF. Nuss procedure for Pectus excavatum repair: critical appraisal of the evidence. *Rev Colégio Bras Cir.* diciembre de 2014;41(6):400-5.
2. Cobben JM, Oostra RJ, Van Dijk FS. Pectus excavatum and carinatum. *Eur J Med Genet.* agosto de 2014;57(8):414-7.
3. David VL. Current Concepts in the Etiology and Pathogenesis of Pectus Excavatum in Humans—A Systematic Review. *J Clin Med.* 24 de febrero de 2022;11(5):1241.
4. Obermeyer RJ, Cohen NS, Jaroszewski DE. The physiologic impact of pectus excavatum repair. *Semin Pediatr Surg.* junio de 2018;27(3):127-32.
5. Cockrell HC, Hrachovec J, Schnuck J, Nchinda N, Meehan J. Implementation of a Cryoablation-based Pain Management Protocol for Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg.* julio de 2023;58(7):1239-45.
6. Kelly RE, Daniel A. Outcomes, quality of life, and long-term results after pectus repair from around the globe. *Semin Pediatr Surg.* junio de 2018;27(3):170-4.
7. Archer V, Robinson T, Kattail D, Fitzgerald P, Walton JM. Postoperative pain control following minimally invasive correction of pectus excavatum in pediatric patients: A systematic review. *J Pediatr Surg.* mayo de 2020;55(5):805-10.
8. Kelly RE. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg.* agosto de 2008;17(3):181-93.
9. Hebra A. Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21(1):76-84.
10. Zens TJ, Casar Berazaluce AM, Jenkins TM, Hardie W, Alsaied T, Tretter JT, et al. The Severity of Pectus Excavatum Defect Is Associated With Impaired Cardiopulmonary Function. *Ann Thorac Surg.* septiembre de 2022;114(3):1015-21.
11. Kelly Jr. RE, Shamberger RC, Mellins RB, Mitchell KK, Lawson ML, Oldham K, et al. Prospective Multicenter Study of Surgical Correction of Pectus Excavatum: Design, Perioperative Complications, Pain, and Baseline Pulmonary Function Facilitated by Internet-Based Data Collection. *J Am Coll Surg.* 2007;205(2):205-16.

12. Nuss D, Kelly RE. Indications and technique of nuss procedure for pectus excavatum. *Thorac Surg Clin*. 2010;20(4):583-97.
13. Mao YZ, Tang S, Li S. Comparison of the Nuss versus Ravitch procedure for pectus excavatum repair: an updated meta-analysis. *J Pediatr Surg*. octubre de 2017;52(10):1545-52.
14. Aiken TJ, Stahl CC, Lemaster D, Casias TW, Walker BJ, Nichol PF, et al. Intercostal nerve cryoablation is associated with lower hospital cost during minimally invasive Nuss procedure for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. octubre de 2021;56(10):1841-5.
15. Daemen JHT, de Loos ER, Vissers YLJ, Bakens MJAM, Maessen JG, Hulsewé KWE. Intercostal nerve cryoablation versus thoracic epidural for postoperative analgesia following pectus excavatum repair: a systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 1 de octubre de 2020;31(4):486-98.
16. Kim S, Idowu O, Palmer B, Lee SH. Use of transthoracic cryoanalgesia during the Nuss procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. marzo de 2016;151(3):887-8.
17. Salicath JH, Yeoh EC, Bennett MH. Epidural analgesia versus patient-controlled intravenous analgesia for pain following intra-abdominal surgery in adults. *Cochrane Anaesthesia, Critical and Emergency Care Group, editor. Cochrane Database Syst Rev [Internet]*. 30 de agosto de 2018 [citado 21 de julio de 2023];2018(10). Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD010434.pub2>
18. Zeineddin S, Goldstein SD, Linton S, DeBoer C, Alayleh A, Ortiz I, et al. Effectiveness of one minute per level intercostal nerve cryoablation for postoperative analgesia after surgical correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2023;58(1):34-40.
19. Sun RC, Mehl SC, Anbarasu CR, Portuondo JI, Espinoza AF, Whitlock R, et al. Intercostal cryoablation during Nuss procedure: A large volume single surgeon's experience and outcomes. *J Pediatr Surg*. 2021;56(12):2229-34.
20. Sujka J, Benedict LA, Fraser JD, Aguayo P, Millspaugh DL, St Peter SD. Outcomes Using Cryoablation for Postoperative Pain Control in Children Following Minimally Invasive Pectus Excavatum Repair. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. noviembre de 2018;28(11):1383-6.

21. Harbaugh CM, Johnson KN, Kein CE, Jarboe MD, Hirschl RB, Geiger JD, et al. Comparing outcomes with thoracic epidural and intercostal nerve cryoablation after Nuss procedure. *J Surg Res.* 2018;231:217-23.
22. Dekonenko C, Dorman RM, Duran Y, Juang D, Aguayo P, Fraser JD, et al. Postoperative pain control modalities for pectus excavatum repair: A prospective observational study of cryoablation compared to results of a randomized trial of epidural vs patient-controlled analgesia. *J Pediatr Surg.* 2020;55(8):1444-7.
23. Arshad SA, Ferguson DM, Garcia EI, Hebballi NB, Buchanan AC, Tsao K. Cryoanalgesia is Associated With Decreased Postoperative Opioid Use in Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *J Surg Res.* 2022;271:1-6.
24. Keller BA, Kabagambe SK, Becker JC, Chen YJ, Goodman LF, Clark-Wronski JM, et al. Intercostal nerve cryoablation versus thoracic epidural catheters for postoperative analgesia following pectus excavatum repair: Preliminary outcomes in twenty-six cryoablation patients. *J Pediatr Surg.* 2016;51(12):2033-8.
25. Parrado R, Lee J, McMahon LE, Clay C, Powell J, Kang P, et al. The Use of Cryoanalgesia in Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum: Lessons Learned. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2019;29(10):1244-51.
26. Morikawa N, Laferriere N, Koo S, Johnson S, Woo R, Puapong D. Cryoanalgesia in Patients Undergoing Nuss Repair of Pectus Excavatum: Technique Modification and Early Results. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2018;28(9):1148-51.
27. Lai K, Lee J, Notrica DM, Egan JC, McMahon LE, Molitor MS, et al. Intercostal Nerve Cryoablation in Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum: Effect on Pulmonary Function. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2022;32(12):1244-8.
28. Zeineddin S, Goldstein SD, Linton S, DeBoer C, Alayleh A, Ortiz I, et al. Effectiveness of one minute per level intercostal nerve cryoablation for postoperative analgesia after surgical correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* enero de 2023;58(1):34-40.
29. Dekonenko C, Dorman RM, Duran Y, Juang D, Aguayo P, Fraser JD, et al. Postoperative pain control modalities for pectus excavatum repair: A prospective observational study of cryoablation compared to results of a randomized trial of epidural vs patient-controlled analgesia. *J Pediatr Surg.* agosto de 2020;55(8):1444-7.

30. Arshad SA, Ferguson DM, Garcia EI, Heballi NB, Buchanan AC, Tsao K. Cryoanalgesia is Associated With Decreased Postoperative Opioid Use in Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *J Surg Res.* marzo de 2022;271:1-6.
31. Graves C, Idowu O, Lee S, Padilla B, Kim S. Intraoperative cryoanalgesia for managing pain after the Nuss procedure. *J Pediatr Surg.* junio de 2017;52(6):920-4.
32. Hegde BN, Avritscher E, Arshad SA, Garcia EI, Heballi NB, Broussard M, et al. Impact of Cryoanalgesia Use During Minimally Invasive Pectus Excavatum Repair on Hospital Days and Total Hospital Costs Among Pediatric Patients. *J Pediatr Surg.* julio de 2023;58(7):1235-8.
33. Eldredge RS, McMahon L. Intercostal nerve cryoablation therapy for the repair of pectus excavatum: a systematic review. *Front Surg.* 24 de agosto de 2023;10:1235120.
34. Rettig RL, Rudikoff AG, Lo HYA, Lee CW, Vazquez WD, Rodriguez K, et al. Same day discharge for pectus excavatum-is it possible? *J Pediatr Surg.* septiembre de 2022;57(9):34-8.
35. Rettig RL, Rudikoff AG, Annie Lo HY, Lee CW, Vazquez WD, Rodriguez K, et al. Same-day discharge following the Nuss repair: A comparison. *J Pediatr Surg.* enero de 2022;57(1):135-40.
36. Chidambaran V, Garcia VF, Brown RL. Are We Ready for Cryoablation in Children Undergoing Nuss Procedures? *Anesth Analg.* abril de 2022;134(4):881-4.

11. Anexos

11.1. Estudios excluidos

Tabla 9. Estudios excluidos.

	Nombre del artículo	Identificador único del artículo	Autores	Diseño de estudio		País de publicación	Año de publicación	Causa de exclusión
1	Percutaneous Cryoanalgesia: A New Strategy for Pain Management in Pectus Excavatum Sugery	https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.11.055	Maria Velayos, Mercedes Alonso, Carlos Delgado-Miguel, et al.	Estudio de cohorte retrospectivo	de	España	2022	No cuenta con comparador
2	Intraoperative cryoanalgesia for managing pain after the Nuss procedure	http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.03.006	Claire Graves a, Olajire Idowu a, SangLeeb, Benjamin Padilla, Sunghoon Kim	Estudio de cohorte retrospectivo	de	EE.UU	2017	No cuenta con comparador
3	Intraoperative intercostal nerve cryoablation during the Nuss procedure reduces length of stay and opioid requirement: A randomized clinical trial	doi:10.1016/j.jpedsurg.2019.02.057.	Claire E. Graves, Jarrett Moyer, Michael J. Zobel, Roberto Mora, Derek Smith, Maura O'Day, Benjamin E. Padilla	Ensayo clínico aleatorizado		EE.UU	2015	Incluye adultos
4	Next day discharge after the Nuss procedure using intercostal nerve cryoablation, intercostal nerve blocks, and a perioperative ERAS pain protocol	https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.10.034	John W. DiFiore a,*, Jason O. Robertson a, Surendrasingh Chhabada b, Anthony L. DeRoss a, Mir S. Hossain a, Lorena Rincon-Cruz a, Wai Sung b	Estudio de cohorte prospectivo	de	EE.UU	2021	No cuenta con comparador
5	Crioanalgesia toracoscópica: nueva estrategia para el control del dolor postoperatorio en cirugía del pectus excavatum	ISSN 0214-1221	C. Cadaval Gallardo1, J. Martínez2, G. Bellía-Munzon2, M. Nazar2, D. Sanjurjo2, L. Toselli2, M. Martínez-Ferro2	Estudio de cohorte retrospectivo	de	EE.UU	2019	No cuenta con comparador
6	Limited cryoablation reduces hospital stay and opioid consumption compared to thoracic epidural analgesia after minimally invasive repair of pectus excavatum	http://dx.doi.org/10.1097/MD.0000000000002977	Seung Hwan Song, MDa, Duk Hwan Moon, MDb, Yon Hee Shim, MD, PhDc, Hyunjoo Jung, MDc, Sungsoo Lee, MD, PhDb,*	Estudio de cohorte retrospectivo	de	EE.UU	2022	Incluye adultos
7	Cryoablation is associated with shorter length of stay and reduced opioid use in pectus excavatum repair	https://doi.org/10.1007/s00383-020-04778-x	R. Luke Rettig · Andrew G. Rudikoff · Hoi Yee Annie Lo · Donald B. Shaul · Franklin M. Banzal · Antonio Hernandez Conte · Roman M. Sydora · k	Estudio de cohorte retrospectivo	de	EE.UU	2020	Incluye adultos

	Nombre del artículo	Identificad or único del artículo	Autores	Diseño de estudio	País de publicación	Año de publicación	Causa de exclusión
8	Same day discharge for pectus excavatum—is it possible?	https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.02.007	R. Luke Rettiga , Andrew G. Rudikoff , Hoi Yee Annie Loa , Constance W. Leea , Walter D. Vazquezc , Karen Rodriguez , Donald B. Shaul , Antonio Hernandez Conte , Franklin M. Banzali , Roman M. Sydoraka	Estudio de cohorte retrospectivo	EE.UU	2023	No cuenta con comparador
9	Same-day discharge following the Nuss repair: A comparison	https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.09.023	R. Luke Rettiga , Andrew G. Rudikoff b , Hoi Yee Annie Loa , Constance W. Leea , Walter D. Vazquezc , Karen Rodriguez a , Donald B. Shaul a , Antonio Hernandez Conte b , Franklin M. Banzali b , Roman M. Sydorak	Estudio de cohorte retrospectivo	EE.UU	2021	No cuenta con comparador
10	Impact of Cryoablation on Pectus Excavatum Repair in Pediatric Patients	https://doi.org/10.1097/XCS.000000000000000103	Rachael A Clark, MD, Jillian C Jacobson, MD, Amogh Singhal, BS, Adam C Alder, MD, FACS, Dai H Chung, MD, FACS, Samir R Pandya, MD, FACS	Estudio de cohorte retrospectivo	EE.UU	2021	Incluye pacientes con pectus sindromático