

Encuesta nacional sobre el uso de la crioanalgesia en el tratamiento del *pectus excavatum* en pacientes pediátricos

A. Gómez Sánchez¹, J.V. Redondo Sedano¹, E. Arévalo Asensio², M.D. Delgado Muñoz¹

¹Sección de Cirugía Plástica Pediátrica; ²Sección de Anestesia y Reanimación Infantil. Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid.

RESUMEN

Introducción. El control del dolor tras la toracoplastia de Nuss sigue siendo un desafío. La crioanalgesia de los nervios intercostales ha demostrado reducir el dolor postoperatorio en estos pacientes. El objetivo de este estudio fue conocer la extensión y modo de empleo de la crioanalgesia en pacientes pediátricos intervenidos de *pectus excavatum* en España.

Material y métodos. Envío online a nivel nacional de una encuesta diseñada por los autores.

Resultados. Dieciocho hospitales respondieron al cuestionario. Nueve (50%) declararon no usar crioanalgesia, fundamentalmente por dificultades para el acceso a la técnica. Los otros 9 sí habían incorporado esta modalidad analgésica. En la mayoría de los centros la crioanalgesia se realiza de forma percutánea ecoguiada, 1-3 días antes de la intervención (77,8%). El uso asociado de otras modalidades analgésicas es muy variable, incluyendo diversas combinaciones de PCA de opiáceos intravenosos (77,8%), catéter epidural (66,7%), pregabalina oral (66,7%) o bloqueo de los erectores espinales (22,2%). En los centros que usan crioanalgesia, el tiempo medio de estancia hospitalaria es de 4,7 días. La mayoría de los cirujanos opinan que la crioanalgesia reduce mucho el dolor a largo plazo (88,9%) y solo parcialmente en el postoperatorio inmediato (66,7%).

Conclusiones. El uso de la crioanalgesia para el control del dolor tras la toracoplastia de Nuss es una técnica emergente. Los centros que la utilizan en España, usan protocolos dispares e incorporan diversas modalidades de analgesia asociadas.

PALABRAS CLAVE: *Pectus excavatum*; Cirugía mínimamente invasiva; Crioanalgesia; Dolor postoperatorio.

SPANISH NATIONAL SURVEY ON THE USE OF CRYOANALGESIA IN THE TREATMENT OF FUNNEL CHEST IN PEDIATRIC PATIENTS

ABSTRACT

Introduction. Pain control following Nuss thoracoplasty remains a challenge. Cryoanalgesia of the intercostal nerves has been demonstrated

to reduce postoperative pain in these patients. The objective of this study was to understand how and how widely cryoanalgesia is used in pediatric patients undergoing funnel chest surgery in Spain.

Materials and methods. Nationwide online submission of an author-designed survey.

Results. 18 hospitals replied to the survey. 9 (50%) said they do not use cryoanalgesia, primarily as a result of difficulties in accessing this technique, whereas the other 9 said they do employ it. In most institutions, cryoanalgesia is percutaneous and ultrasound-guided, and it is conducted 1-3 days before surgery (77.8%). The associated use of other analgesic modalities varies widely, including various combinations of intravenous opioid-based PCA (77.8%), epidural catheter (66.7%), oral pregabalin (66.7%), and erector spinae plane block (22.2%). In the institutions where cryoanalgesia is used, mean hospital stay is 4.7 days. Most surgeons believe cryoanalgesia significantly reduces pain in the long-term (88.9%), and only partially in the immediate postoperative period (66.7%).

Conclusions. The use of cryoanalgesia for pain control following Nuss thoracoplasty is an emergent technique. In the Spanish institutions where this technique is used, varying protocols with different associated analgesic modalities can be found.

KEY WORDS: Funnel chest; Minimally invasive surgical procedures; Cryoanesthesia; Pain, postoperative.

INTRODUCCIÓN

El *pectus excavatum* es la malformación más frecuente de la pared torácica. Hace referencia a la depresión de la pared anterior del tórax que, en casos graves, puede producir problemas funcionales cardiorrespiratorios y/o importantes defectos estéticos que afectan al desarrollo psicosocial del paciente. Desde su descripción en 1997, la reparación mínimamente invasiva o toracoplastia de Nuss ha sido ampliamente aceptada como el método quirúrgico de elección para la corrección de los casos más graves, presentando múltiples ventajas respecto a la reparación abierta⁽¹⁾.

A pesar del abordaje menos invasivo, el control del dolor tras la toracoplastia sigue siendo un desafío. Históricamente la epidural torácica se consideraba el estándar de oro para el tratamiento del dolor postoperatorio, sin embargo, en los

DOI: 10.54847/cp.2025.01.02

Correspondencia: Dra. Alicia Gómez Sánchez. Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Universitario 12 de Octubre. Av. de Córdoba, s/n. 28041 Madrid.

E-mail: alicigom@gmail.com

Recibido: Agosto 2024

Aceptado: Diciembre 2024

últimos años ha aumentado el interés por el uso de otras técnicas anestésicas que disminuyan sus posibles complicaciones neurológicas, así como el tiempo de ingreso y la necesidad de opiáceos suplementarios⁽²⁻⁷⁾. Múltiples estudios han demostrado estas ventajas asociadas al uso de la crianalgesia^(2,8-17). Esta técnica inhibe la percepción del dolor mediante la lesión temporal de los nervios intercostales al exponerlos a temperaturas extremadamente frías. Se realiza colocando una criosonda (entre -40 y -88°C) sobre los nervios intercostales, ya sea bajo guía ecográfica o toracoscópica; el contacto directo con el frío altera la estructura nerviosa produciendo una pérdida de la continuidad axonal que deja intactos el endoneuro, perineuro y epineuro, lo que permite la regeneración nerviosa. La congelación de las ramas nerviosas, provoca el cese de la conducción de los impulsos relacionados con el dolor, produciendo un efecto analgésico que comienza en el postoperatorio inmediato y dura de semanas a meses^(18,19).

Debido a sus beneficios, múltiples centros han incorporado la crianalgesia como un complemento de los regímenes multimodales del control del dolor tras la toracoplastia de Nuss. Sin embargo, aún no se ha establecido un protocolo unificado para su uso, existiendo múltiples preguntas sin responder como cuál es el mejor momento para realizar la técnica o con qué otras modalidades analgésicas debe combinarse para obtener los mejores resultados, existiendo literatura limitada que aborde estos temas^(12,17,20,21).

Basándonos en este contexto, el objetivo principal de este estudio es describir la extensión y modo de empleo de la crianalgesia en pacientes pediátricos intervenidos de *pectus excavatum* en España. Los objetivos secundarios son identificar barreras para el uso de esta técnica en algunos centros, describir las técnicas/medidas asociadas a la crianalgesia en los protocolos de control del dolor post-toracoplastia y evaluar la efectividad percibida de la crianalgesia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se diseñó una encuesta descriptiva y transversal destinada a conocer diversos aspectos relacionados con el empleo de la crianalgesia en pacientes pediátricos sometidos a toracoplastia de Nuss en España.

Se invitó a participar en el estudio, de forma anónima, a cirujanos pediátricos implicados directamente en el tratamiento del *pectus excavatum* en hospitales de ámbito nacional, indicando en la presentación de la encuesta la necesidad de obtener una única respuesta por centro basada en la práctica habitual en el mismo. La distribución de la encuesta se realizó a través de la página web de la Sociedad Española de Cirugía Pediátrica (<https://secipe.org/wordpress03/index.php/sociedad/encuestas/>) a disposición de 53 hospitales.

La encuesta constó de 27 preguntas. Las secciones del cuestionario incluyeron datos demográficos institucionales, incorporación y método de empleo de la crianalgesia, uso de otras modalidades/estrategias para el control del dolor en

Tabla I. Número de toracoplastias anuales en los 18 hospitales incluidos en el estudio.

		N (%)
Toracoplastias anuales	< 5	6 (33,3)
	5-10	5 (27,8)
	10-20	5 (27,8)
	> 20	2 (11,1)

el *pectus excavatum* y evaluación objetiva y subjetiva de los resultados de la crianalgesia.

Las respuestas se recopilieron entre agosto y noviembre de 2023, utilizando la herramienta Survio (<https://www.survio.com/es/>), una página web dedicada al diseño y distribución de cuestionarios, así como a la recopilación y análisis de sus resultados.

Se realizó un análisis descriptivo de los resultados. Las variables cualitativas se presentaron como el número o porcentaje de encuestados que respondieron a cada pregunta. Las variables cuantitativas fueron descritas mediante media o mediana.

RESULTADOS

Dieciocho hospitales respondieron al cuestionario, siendo la tasa de respuesta del 34% (considerando los 53 hospitales registrados en la Sociedad Española de Cirugía Pediátrica). Según la clasificación de hospitales públicos españoles mediante el uso de análisis de conglomerados⁽²²⁾, la mitad (50%) fueron hospitales de gran peso estructural y mucha actividad (grupo 5), seguidos de seis (33,3%) centros del grupo 3 y cuatro (16,7%) del grupo 4.

Todos los centros declararon realizar cirugía mínimamente invasiva para la corrección del *pectus excavatum* en la actualidad. Sin embargo, los años de experiencia entre centros fue variable, siendo la mediana de 12,5 años con un rango comprendido entre 0 y 24 años. El número de toracoplastias anuales en los centros se resume en la Tabla I.

La mitad (N= 9) de los hospitales que respondieron la encuesta habían incorporado entre 2019 y 2022, el uso de la crianalgesia para el manejo del dolor postoperatorio tras la toracoplastia de Nuss. Los hospitales que no habían incorporado esta técnica, declararon como principal causa la dificultad para el acceso a la crianalgesia (56%), seguido de la falta de formación específica (22%). En la Tabla II se establecen las diferencias entre ambos grupos de hospitales.

Centrándonos en los 9 hospitales que declararon el empleo de la crianalgesia, solo uno informó experiencia con su utilización en otros procedimientos, incluyendo el trasplante pulmonar y el tratamiento de tumores de pared torácica y costilla deslizante. Para su uso en la toracoplastia de Nuss, la mayoría de los centros la aplican sobre los nervios intercostales de T3 a T7 (66,7%).

Tabla II. Características diferenciales de los 18 hospitales incluidos en el estudio, en relación a la incorporación o no de la crioadalgesia.

		Crioadalgesia	
		Sí (N= 9)	No (N= 9)
Tipo hospital	Grupo 3	2	4
	Grupo 4	1	2
	Grupo 5	6	3
Experiencia toracoplastia Nuss (años)	< 5	2	3
	5-10	1	3
	> 10	6	3
Toracoplastias anuales	< 5	1	5
	5-10	3	2
	10-20	3	2
	> 20	2	0

En la mayoría de los centros (66,7%) la crioadalgesia es realizada por un anestesista pediátrico de forma percutánea ecoguiada, en el resto (33,3%) individualizan según el caso, llevándola a cabo de forma percutánea ecoguiada o intraoperatoriamente por vía toracoscópica uni o bilateral. El procedimiento suele llevarse a cabo 1-3 días antes de la intervención (77,8%), el resto de los centros prefieren realizarla el mismo día de la cirugía. Interrogados sobre la decisión de cuando aplicar este método analgésico, la mayoría refieren basarse en la literatura y/o en motivos logísticos (77,8%). La mayoría de los grupos realizan el procedimiento en quirófano (77,8%), en régimen de CMA (66,7%) y con el paciente sedado (66,7%) o bajo anestesia general (33,3%).

El uso de otras modalidades de analgesia asociadas a la crioadalgesia para el manejo del dolor postoperatorio incluyó PCA de opiáceos intravenosos (77,8%), catéter epidural (66,7%), pregabalina oral (66,7%) o bloqueo de los erectores espinales (22,2%). La utilización de estas modalidades analgésicas varió mucho entre centros, existiendo diversos protocolos que incluyeron desde el uso aislado de la PCA de opiáceos (22,2%) o el catéter epidural (11%), hasta diver-

sas combinaciones (66,7%) de estas modalidades: PCA más epidural y pregabalina (33,3%), PCA más epidural, bloqueo de los erectores y pregabalina (11%), PCA más bloqueo de los erectores y pregabalina (11%) o epidural más pregabalina (11%) (Fig. 1).

Interrogados sobre la incorporación en sus protocolos de medidas no farmacológicas dirigidas a la recuperación mejorada del paciente, 5 de los 9 centros (55,6%) declararon la adherencia a programas específicos de rehabilitación, mientras que solo 2 (22,2%) manifestaron el seguimiento por psicólogos clínicos.

La mayoría de los centros que aplican crioadalgesia niegan complicaciones derivadas de su uso (66,7%). Tres centros informaron haber registrado neumotórax y/o cambios cutáneos leves asociados. Consultados por el tiempo aproximado de duración de las disestesias relacionadas con la crioadalgesia, la media fue de 3,75 meses (rango 3-6 meses).

Estos centros informaron un tiempo medio de estancia en reanimación tras la toracoplastia de 1,1 días (rango 0-2) y un tiempo medio hasta el alta hospitalaria de 4,7 días (rango 3-6). Prácticamente todos los cirujanos (8/9) consideraron que la crioadalgesia había intervenido en la disminución del tiempo medio de estancia hospitalaria, ya fuera por si sola (4/8) o en combinación con una optimización del protocolo de manejo postoperatorio en sus centros (4/8).

Interrogados sobre la percepción subjetiva de mejoría del dolor postoperatorio, la mayoría de los cirujanos opinaron que la crioadalgesia reduce mucho el dolor a largo plazo (88,9%) y parcialmente el dolor en el postoperatorio inmediato (66,7%), solo uno difirió opinando que la mayor ventaja de la crioadalgesia se produce en el postoperatorio inmediato (11%).

DISCUSIÓN

Este estudio ofrece una descripción general del uso de la crioadalgesia para el control del dolor tras la toracoplastia de Nuss en pacientes pediátricos a nivel nacional.

Nuestros resultados muestran una incorporación desigual de esta técnica en los hospitales españoles. En general, la

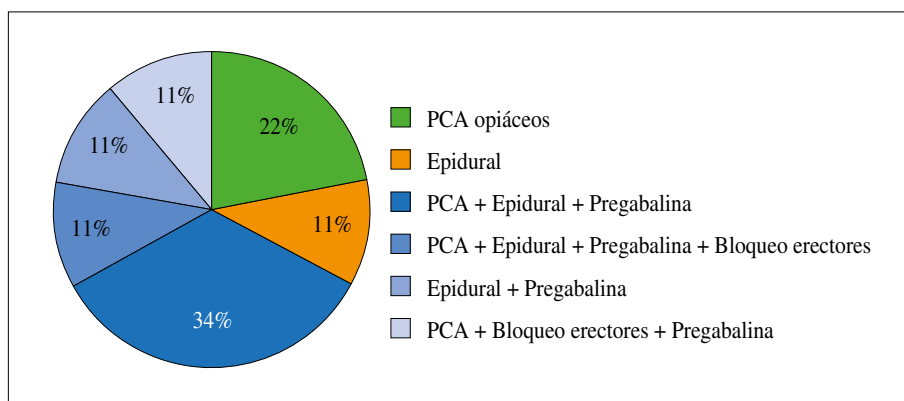


Figura 1. Modalidades analgésicas asociadas a la crioadalgesia.

disponibilidad de la crianalgesia se correlacionó con el tipo y características del hospital, siendo más frecuente en los centros de mayor tamaño con más experiencia y mayor número de toracoplastias anuales. La crianalgesia ha demostrado numerosas ventajas en relación a la reducción del dolor postoperatorio, los requerimientos de opioides y el tiempo de estancia hospitalaria^(2,8-17). Todo ello justificaría asegurar el acceso a este recurso en todos los centros que realizan toracoplastias. Además, la mayoría de los estudios que describen los costes relacionados con la crianalgesia han demostrado una reducción del coste hospitalario total, a pesar de asociar mayores costos materiales y en términos de tiempo quirúrgico^(12,21,23,24).

La literatura referente a la técnica más adecuada para aplicar la crianalgesia sobre los nervios intercostales es escasa. Eldredge y McMahon⁽¹²⁾ publicaron recientemente una revisión de la literatura sobre el uso de la crianalgesia en la toracoplastia de Nuss. Sus hallazgos demostraron la preferencia por el abordaje toracoscópico y por la aplicación de frío durante 2 minutos en cada nervio intercostal; mostrando mayor variabilidad en lo referente al número de nervios intercostales tratados (entre 4 y 7 según las series) y la temperatura de la criosonda (entre -40°C y -70°C). Nuestros resultados muestran que en España, aunque la técnica también varía entre centros, en general se prefiere el abordaje percutáneo ecoguiado en las 24-72 horas previas a la cirugía. Se han sugerido varias ventajas teóricas del abordaje ecoguiado frente al toracoscópico^(20,21), como evitar incisiones adicionales que faciliten el acceso toracoscópico o eludir la necesidad de intubación selectiva y ventilación unipulmonar para reducir el riesgo de lesión térmica. Además, este abordaje permite aplicar la crianalgesia antes de la cirugía, lo que resulta interesante ya que su efecto puede tardar en comenzar de 6 a más de 24 horas. En sus estudios sobre cuándo debe aplicarse la crianalgesia percutánea, Velayos et al.^(20,21) concluyen que su aplicación 24 o 48 horas antes de la cirugía parece ofrecer mejores resultados que la aplicación el mismo día de la cirugía. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el abordaje percutáneo también tiene limitaciones. Por una parte precisa formación específica del equipo de anestesia y, por otra, implica hacer un procedimiento más al paciente bajo sedación/anestesia uno o pocos días antes de la toracoplastia, con las dificultades logísticas y organizativas que esto puede suponer.

En lo referente a las modalidades analgésicas asociadas a la crianalgesia, observamos mayor variabilidad. La mayoría de los centros españoles han incorporado en sus protocolos diversas combinaciones de epidural torácica, PCA para administración de opiáceos intravenosos, pregabalina oral y/o bloqueo de los erectores. Ninguno de los cirujanos encuestados informó el uso de otras técnicas analgésicas documentadas, como parches transdérmicos de lidocaína o clonidina, bomba o catéteres elastoméricos o bloqueo regional de los nervios intercostales^(3,4,6,12).

Decidir qué modalidades analgésicas asociar a la crianalgesia para optimizar el control del dolor postoperatorio es complicado. La mayoría de las publicaciones disponibles

se limitan a comparar los resultados de la crianalgesia con grupos control que usan otras técnicas anestésicas^(2,8-10,12-16), lo que dificulta la interpretación de los resultados y la extracción de conclusiones basadas en la evidencia. Nuestros resultados muestran que, independientemente de las modalidades analgésicas asociadas, el tiempo medio hasta el alta hospitalaria no se ha reducido sustancialmente, permaneciendo en torno a los 5 días en la mayoría de los centros. En los últimos años, se han publicado varios protocolos de recuperación mejorada (ERAS) destinados a optimizar la atención de los niños sometidos a toracoplastia de Nuss⁽²⁵⁻²⁸⁾. La implementación de estos protocolos ha demostrado disminuir el dolor en el postoperatorio inmediato permitiendo el uso precoz de analgesia oral exclusiva y el alta en el primer o segundo día postoperatorio. Estos protocolos coinciden en la aplicación de crianalgesia asociada a bloqueos regionales de inyección única en los nervios intercostales^(26,28), plano del serrato anterior bilateral⁽²⁷⁾ o paravertebral bilateral⁽²⁵⁾. Como ya se ha mencionado, la crianalgesia puede tardar horas en hacer efecto, la mayoría de los cirujanos españoles que la utilizan están de acuerdo en que reduce mucho el dolor a largo plazo y solo parcialmente el dolor en el postoperatorio inmediato. Sugerimos que los próximos esfuerzos deben centrarse en controlar el dolor hasta el inicio del efecto de la crianalgesia, explorando el uso de técnicas anestésicas que actúen en ese periodo de tiempo.

Del mismo modo, debe valorarse la implementación de otras medidas incluidas en los protocolos ERAS, como evitar la sonda vesical postoperatoria, fomentar la deambulación temprana o controlar las expectativas en lo referente al proceso de recuperación⁽²⁵⁻²⁸⁾. Nuestros resultados muestran que solo algunos equipos cuentan con rehabilitadores o psicólogos clínicos. Los programas de rehabilitación específicos han demostrado mejorar los parámetros respiratorios incluso en pacientes con pectus no intervenidos⁽²⁹⁾. Por su parte, Schlatter et al.⁽⁵⁾ señalaron el impacto negativo que puede tener la ansiedad en la recuperación del paciente, recalcando la importancia de abordarla y replantear las expectativas en la consulta preoperatoria. En este sentido, el papel de psiquiatras o psicólogos clínicos puede ser muy interesante.

Este estudio tiene varias limitaciones. La tasa de respuesta fue del 34%, si bien es cierto que no todos los servicios de Cirugía Pediátrica operan *pectus excavatum*, es posible que los hospitales que respondieron al cuestionario no supongan una muestra lo suficientemente representativa. Además, al ser una encuesta de práctica clínica y anónima, no podemos verificar la experiencia de los participantes ni la precisión de sus respuestas, los autores no pueden asegurar la fiabilidad de los datos autoinformados. A la hora de interpretar los resultados, deben considerarse posibles sesgos de selección y respuesta.

En conclusión, este estudio aporta una visión general sobre el uso de la crianalgesia en los centros españoles que llevan a cabo la toracoplastia de Nuss en pacientes pediátricos. La crianalgesia es una técnica emergente, aún no incorporada en todos los centros a pesar de las ventajas que ha demostrado proporcionar en el manejo del dolor postoperatorio. Los cen-

tros que la usan a nivel nacional, utilizan protocolos dispares e incluyen diversas modalidades analgésicas asociadas.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de aunar esfuerzos para lograr la creación de un protocolo unificado y basado en la evidencia a nivel nacional, que permita la estandarización de la práctica clínica. Las investigaciones futuras deben centrarse en evaluar los resultados de los diferentes protocolos de control del dolor en el contexto del *pectus excavatum*. La realización de estudios multicéntricos con este objetivo podría resolver muchas de las preguntas que quedan por responder.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a todos los cirujanos pediátricos que colaboraron respondiendo a la encuesta, así como a la Sociedad Española de Cirugía Pediátrica por la ayuda prestada distribuyendo el cuestionario a través de su página web.

BIBLIOGRAFÍA

- Holcomb GW III, Murphy JP, editors. Ashcraft's pediatric surgery. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2014.
- Cockrell HC, Hrachovec J, Schnuck J, Nchinda N, Meehan J. Implementation of a cryoablation-based pain management protocol for pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2023; 58(7): 1239-45.
- Grisales PA, Rauh JL, Benfield AL, Palmer MJ, Dobson S, Downard MG, et al. Raising the bar: Multimodal analgesia with transdermal lidocaine for Nuss repair of pectus excavatum decreases length of stay and opioid use. *J Pediatr Surg.* 2023; 58(11): 2244-8.
- Man JY, Gurnaney HG, Dubow SR, DiMaggio TJ, Kroepflin GR, Scott Adzick N, et al. A retrospective comparison of thoracic epidural infusion and multimodal analgesia protocol for pain management following the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Paediatr Anaesth.* 2017; 27(12): 1227-34.
- Schlatter MG, Nguyen LV, Tecos M, Kalbfell EL, Gonzalez-Vega O, Vlahu T. Progressive reduction of hospital length of stay following minimally invasive repair of pectus excavatum: A retrospective comparison of three analgesia modalities, the role of addressing patient anxiety, and reframing patient expectations. *J Pediatr Surg.* 2019; 54(4): 663-9.
- Singhal NR, Jerman JD. A review of anesthetic considerations and postoperative pain control after the Nuss procedure. *Semin Pediatr Surg.* 2018; 27(3): 156-60.
- Walter CM, Lee CS, Moore DL, Moore DL, Abbasian N, Clay SJ, et al. Retrospective study comparing outcomes of multimodal epidural and erector spinae catheter pain protocols after pectus surgery. *J Pediatr Surg.* 2023; 58(3): 397-404.
- 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.
- Arshad SA, Garcia EI, Bell C, Avritscher EBC, Mohineesh Kumar M, Brahmamdam P, et al. Pediatric surgery research collaborative (PedSRC). multicenter assessment of cryoanalgesia use in minimally invasive repair of pectus excavatum: A 20-center retrospective cohort study. *Ann Surg.* 2023; 277(6): e1373-9.
- Arshad SA, Hatton GE, Ferguson DM, Li LT, Austin MT, Tsao K. Cryoanalgesia enhances recovery from minimally invasive repair of pectus excavatum resulting in reduced length of stay: A case-matched analysis of NSQIP-Pediatric patients. *J Pediatr Surg.* 2021; 56(7): 1099-102.
- Cadaval Gallardo C, Martínez J, Bellifa-Munzon G, Nazar M, Sanjurjo D, Toselli L, et al. Thoracoscopic cryoanalgesia: A new strategy for postoperative pain control in minimally invasive pectus excavatum repair. *Cir Pediatr.* 2020; 33(1): 11-5.
- Eldredge RS, McMahon L. Intercostal nerve cryoablation therapy for the repair of pectus excavatum: a systematic review. *Front Surg.* 2023; 10: 1235120.
- Hegde BN, Avritscher E, Arshad SA, Garcia EI, Hebballi 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.* 2023; 58(7): 1235-8.
- 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.
- O'Connor LA, Dua A, Orhurhu V, Hoepf LM, Quinn CC. Opioid requirements after intercostal cryoanalgesia in thoracic surgery. *J Surg Res.* 2022; 274: 232-41.
- 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.
- Slavin BR, Markowitz MI, Klifto KM, Prologo FJ, Taghioff SM, Dellon AL. Cryoanalgesia: review with respect to peripheral nerve. *J Reconstr Microsurg.* 2024; 40(4): 302-10.
- Evans PJ. Cryoanalgesia. The application of low temperatures to nerves to produce anaesthesia or analgesia. *Anaesthesia.* 1981; 36(11): 1003-13.
- Filippiadis D, Efthymiou E, Tsochatzis A, Kelekis A, J D Prologo JD. Percutaneous cryoanalgesia for pain palliation: Current status and future trends. *Diagn Interv Imaging.* 2021; 102(5): 273-8.
- Velayos M, Alonso M, Delgado-Miguel C, Estefanía-Fernández K, Muñoz-Serrano AJ, López Santamaría MV, et al. Percutaneous cryoanalgesia: A new strategy for pain management in pectus excavatum surgery. *Eur J Pediatr Surg.* 2022; 32(1): 73-9.
- Velayos M, Alonso M, Estefanía K, Muñoz AJ, Torres R, Hernández F, et al. Ultrasound-guided percutaneous cryoanalgesia for pectus excavatum: When should it be applied? *Eur J Pediatr Surg.* 2023; 33(1): 61-7.
- Clasificación de hospitales públicos españoles mediante el uso del análisis de conglomerados, Departamento de Métodos Cuantitativos en Economía y Gestión de la Universidad de Las Palmas, 2007. Disponible en línea: <https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/docs/NormaGRD2008/CLASIFICACIONHOSPITAL-LESCLUSTER.pdf>
- 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.* 2021; 56(10): 1841-5.

24. 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.
25. Akinboro S, John R, Reyna T, Davis R, Ayoub C, Sangster R, et al. A pilot study of multi-modal pain management for same-day discharge after minimally invasive repair of pectus excavatum (Nuss procedure) in children. *Pediatr Surg Int.* 2023; 39(1): 159.
26. DiFiore JW, Robertson JO, Chhabada S, DeRoss AL, Hossain MS, Rincon-Cruz L, et al. Next day discharge after the Nuss procedure using intercostal nerve cryoablation, intercostal nerve blocks, and a perioperative ERAS pain protocol. *J Pediatr Surg.* 2022; 57(2): 213-8.
27. Downing L, Ramjist JK, Tyrrell A, Tsang M, Isaac L, Fecteau A. Development of a five point enhanced recovery protocol for pectus excavatum surgery. *J Pediatr Surg.* 2023; 58(5): 822-7.
28. Thompson AR, Glick H, Rubalcava NS, Vernamonti JP, Speck KE. Implementation science fundamentals: Pediatric surgery enhanced recovery after surgery protocol for pectus repair. *J Surg Res.* 2023; 283: 313-23.
29. Amăricăi E, Suci O, Onofrei RR, Miclăuș RS, Cașan L, Cerbuet S al. Assessment of children with pectus excavatum without surgical correction. *Wien Klin Wochenschr.* 2019; 131(5-6): 126-31.