

# Sincronización y manejo de la hernia inguinal en el bebé prematuro

Alessio Pini Prato, Germana Casaccia, Rossella Arnoldi

Department of Pediatric Surgery, Alessandria Children Hospital, Alessandria, Italy  
Eur J Pediatr Surg 2017;27:472-477.

## Abstract

La hernia inguinal en niños se produce con una prevalencia que va del 3 al 5%. La posibilidad de un proceso vaginal patente sintomático es significativamente más alta en niños prematuros, según reportan la mayoría de las series. Como consecuencia, la hernia inguinal representa la condición más común que requiere reparación quirúrgica en el neonato y el bebé pretérmino. La cirugía apunta a evitar y prevenir lesiones intestinales y gonadales relativas al atascamiento. Sin embargo, la reparación de la hernia es técnicamente demandante, con un riesgo relativamente alto de complicaciones incluyendo recurrencia y atrofia testicular. Este artículo se centrará en algunos de los aspectos más debatidos del manejo de la hernia inguinal en bebés prematuros. Los autores discutirán implicancias anestésicas, técnicas quirúrgicas disponibles, momento óptimo de cirugía, y razones de exploración posible contralateral. Los autores también discutirán las evidencias en la literatura y propondrán su propia conducta para proveer un algoritmo para el correcto manejo de neonatos y ex pretérmino con hernia inguinal.

## Introducción

Las hernias inguinales en niños ocurren con una prevalencia que va desde 3 a 5 % (1, 2). Ocurre como consecuencia de un proceso vaginal patente (PVP) que puede volverse sintomático debido al deslizamiento de asas intestinales, ovario, epiplón, u otro órgano intra-abdominal en su contenido. La posibilidad de un PVP sintomático es significativamente superior en prematuros que pueden experimentar hernia inguinal en aproximadamente 20% de los casos, como se reporta en la mayoría de las series (3). Al igual que para la población pediátrica general, la distribución por sexo muestra una fuerte preponderancia masculina, y las hernias del lado derecho predominan sobre las del lado izquierdo. Las hernias bilaterales tienen una mayor incidencia en neonatos y prematuros. Es de notar, estudios previos, como los de Holcombe et al, demostraron que PVP asintomáticos pueden ser detectados en casi el 60% de pacientes con hernias de la ingle sintomáticas unilaterales, con una relación inversa con la edad del paciente (1, 2, 4). Aproximadamente 80% de neonatos, más del 60% de infantes, 30% de niños menores de un año, y 15% de aquellos menores de 5 años portan un PVP asintomático (1). Pese a que el riesgo de desarrollar una hernia inguinal subsiguiente en caso de PVP asintomático ha sido estimado que supera el 25% (5), todavía hay debate acerca de qué hacer para prevenir metacronía.

Basados en datos epidemiológicos previos, la hernia inguinal representa la condición más común que requiere reparación quirúrgica en el neonato y el bebé prematuro. Aún así, el procedimiento en pretérminos puede ser técnicamente demandante con un riesgo potencial de complicaciones severas. Esta es la razón por la cual la herniotomía inguinal en recién nacidos y prematuros es considerado un procedimiento mayor que sólo es realizado por especialistas de experiencia (6).

Pese a que la mayoría de los cirujanos propondrán reparación temprana (1, 6), dada la carencia de datos definitivos, el momento óptimo para la herniotomía inguinal en recién nacidos y prematuros permanece en debate. La reparación quirúrgica apunta a evitar o prevenir secuelas intestinales y gonadales relacionadas con el atascamiento, cuyo riesgo disminuye durante el crecimiento pero puede llegar hasta el 60% antes de los 6 meses de edad (1, 6). Estos riesgos deben ser balanceados contra el riesgo de potenciales complicaciones operatorias y anestésicas. De hecho, la cirugía no carece de daño ni tampoco la anestesia. Esta publicación discutirá implicancias anestésicas, técnicas quirúrgicas disponibles, debate acerca del momento de cirugía, y razones para la posible exploración de la ingle contralateral. Los autores discutirán evidencias en la literatura y propondrán su propia conducta para proveer un algoritmo para el correcto manejo de neonatos y prematuros con hernia inguinal.

### **Consideraciones sobre Anestesia**

El trauma quirúrgico y las respuestas al estrés llevan a activación inflamatoria que puede interferir con el neurodesarrollo. En 2013, Sanders et al hicieron una revisión sistemática de estudios disponibles sobre los efectos de la cirugía y la anestesia general (AG) sobre el desarrollo y sugirieron que las respuestas metabólicas al estrés, como las que se producen en caso de cirugía, pueden llevar a activación glial e hiperexcitabilidad neuronal en las áreas corticales y subcorticales, estimulando así la apoptosis y daño durante períodos de tiempo vulnerable bien definidos (7). Otros autores sugirieron que la AG puede interferir per se con el neurodesarrollo y que este riesgo es mayor si los niños son operados temprano (8, 9). Pero cuál debería ser considerado el límite de edad para que la AG determine efectos negativos? Zhang et al desarrollaron un meta-análisis de artículos publicados en un período de 10 años focalizando en el neurodesarrollo luego de AG. Los autores concluyeron que los niños que tuvieron AG hasta la edad de 3 años tenían un riesgo moderadamente mayor de alteraciones de neurodesarrollo mientras que aquellos operados en una edad posterior básicamente no estuvieron afectados (10). Pese a que en su mayoría son retrospectivos, otros estudios confirmaron este aspecto. En particular, Dwyer et al desarrollaron un estudio observacional en pacientes que sufrieron cirugía mayor en el período neonatal y reportaron un efecto en el neurodesarrollo de la cirugía temprana + AG. Los autores reportaron retraso leve, particularmente en el área de cognición, lenguaje receptivo, y desarrollo motor fino (11).

Basados en reportes en vivo y en vitro de modelos animales subrayando los potenciales efectos de los agentes anestésicos en detrimento del neurodesarrollo, Davidson et al en un trabajo reciente controlado randomizado compararon la anestesia regional (AR) y la AG en neonatos, infantes, y ex pretérmino que tuvieron reparación de hernia inguinal para determinar los efectos de AG en neonatos y ex pretérmino. Este trabajo no pudo demostrar efectos mayores dado que el neurodesarrollo no estuvo significativamente afectado a la edad de dos años según el plan anestésico elegido (12). Aún así, el estudio continúa y estamos esperando los resultados de la evaluación del neurodesarrollo a los 5 años que podría aclarar mejor este tema. Por otro lado, en un análisis de resultado secundario, el mismo estudio confirmó el riesgo más elevado de apnea postoperatoria relacionada con la administración de AG y sus potenciales efectos fatales si no es detectada (13). En la base de estas consideraciones, este tópico es todavía tema de debate sin respuestas definitivas hasta ahora.

Si la AG es dañina o no todavía está por determinarse. De todas formas, existen opciones alternativas que incluyen AR (espinal o caudal) sin sedación. Muchas publicaciones estudiaron estos temas, y muchos centros en todo el mundo confirman su factibilidad, especialmente con respecto a la reparación de la hernia inguinal, aún en casos urgentes (14, 15). Más aún, Williams et al en 2014, revisando 265 estudiantes que tuvieron AR en la infancia, confirmaron que la AR no determina efectos negativos sobre el neurodesarrollo (16). Es de notar, que evidencias recientes sugieren una posible superioridad de la AR sobre la AG para el manejo postoperatorio de neonatos e infantes que tienen reparación de hernia inguinal (17). Pese a que conlleva un riesgo potencial de pérdida de líquido cerebroespinal y sangrado (18), la AR debería ser por lo menos considerada una alternativa válida a la AG en neonatos o prematuros que requieren herniotomía inguinal temprana.

## **Tratamiento quirúrgico**

### **Consideraciones generales**

La reparación de la hernia en neonatos y pretérminos puede ser abordada con la "clásica" cirugía abierta o con cirugía mínimamente invasiva laparoscópica que está ganando importancia y amplio uso en años recientes (19-27). Sin embargo, la prevalencia real de cirujanos recurriendo a este último abordaje y los beneficios de la cirugía mínimamente invasiva para la reparación de la hernia permanecen indeterminados hasta la fecha (1).

La reparación de hernia inguinal en neonatos e infantes puede ser un procedimiento técnicamente demandante aún en manos experimentadas, con un riesgo relativamente alto de complicaciones postoperatorias. Hay reportes de que ocurren con una frecuencia desde el 6% hasta más del 10% e incluyen sangrado, infección de la herida, recurrencia, hidrocele persistente postoperatorio, ascenso testicular, y atrofia testicular

(28-30). Estas complicaciones tienen una incidencia triplicada cuando se comparan con niños más grandes. Un análisis retrospectivo de Baird et al confirmó una tasa más alta de complicaciones en infantes con edades menores a 43 semanas de edad postconcepcional al momento de la cirugía. Especularon que un PVP más fino y friable así como estructuras más frágiles del cordón predisponen a falla y otras complicaciones (31).

Dado el riesgo aumentado de atrofia testicular, que ha sido reportado tan alto como 10%, recientemente buscamos factores de riesgo preoperatorios y demostramos en una experiencia de un centro sobre más de 180 herniotomía en neonatos y exprematuros que la encarceración preoperatoria aumenta significativamente la posibilidad de esta complicación (6). Esto no es nuevo ya que otros autores también han sugerido tal relación (33, 34) pero resalta la importancia del correcto momento para la cirugía con adecuada vigilancia clínica preoperatoria.

### **Técnicas quirúrgicas disponibles**

#### **Reparación abierta "clásica"**

La incisión clásica en la piel en el pliegue inguinal lleva al canal inguinal. Algunos cirujanos abirán el techo del canal dividiendo la fascia oblicua externa, como en los niños mayores, mientras que otros irán directo hacia el PVP distal hacia el anillo externo. El abordaje extrainguinal es más rápido pero requiere cirujanos más expertos y teóricamente aumenta el riesgo de recurrencia debido a la persistencia de un saliente patente que puede llevar a la recurrencia o persistencia en el mediano a largo plazo. Otras variantes técnicas incluyendo la apertura del anillo inguinal externo, giro del saco, y doble ligadura no mostraron resultados superiores al compararlas con el procedimiento clásico (35). Como se dijo previamente, el riesgo de complicación puede ser tan elevado como el 10%, con atrofia testicular siendo reportada con una frecuencia que va del 1 al 10% (6, 28-30).

#### **Reparación abierta y laparoscopia diagnóstica**

La cirugía mínimamente invasiva se está volviendo crecientemente popular aún para recién nacidos y pretérminos. Desde fines de los 90, la laparoscopia fue empleada para propósitos diagnósticos para chequear el otro lado de la ingle para prevenir el riesgo de hernias metacrónicas (36, 37).

#### **Herniorrafia laparoscópica**

Posteriormente, la laparoscopia fue introducida para el tratamiento quirúrgico (19, 20). Una experiencia provisional multicéntrica en 2002 de Schier et al reportó buenos resultados de la herniorrafia laparoscópica, con 3,4% de tasa de recurrencia y sólo un

caso de atrofia testicular en una serie de 933 niños con edad promedio de 3 años (21). Desde 2010, varios autores han reportado reparación de hernia inguinal laparoscópica en neonatos y expretérminos. Turial et al reportaron una serie de 148 bebés pesando menos de 5 kg con una tasa razonable de recurrencia (2%), sin atrofia testicular, y una tasa general de reoperación de 6% debida a recurrencia o ascenso testicular (22). Los mismos autores focalizaron en bebés prematuros y reportaron una tasa de recurrencia más alta, pero todavía razonable (3.6%), una tasa de ascenso testicular relativamente alta (cerca al 10%), y ninguna atrofia testicular. Notablemente, los autores reportaron un 7% de incidencia de accidentes anestésicos (23). Esposito et al reportaron una serie de neonatos y exprematuros pesando menos de 3 kg al momento de la cirugía, con 4.4% de tasa de recurrencia, no atrofia testicular, y 15% de ascenso testicular (24). La alta tasa de ascenso testicular con la subsiguiente necesidad de orquidopexia determinó que Shono et al enfocaran en este tema. Concluyeron que el saco adherente puede de alguna manera reducir el potencial de descenso testicular, llevando entonces a la necesidad de orquidopexia (25), y que un seguimiento estricto es mandatorio para identificar rápidamente este hecho.

### **Sutura percutánea del anillo interno**

Pese a basarse en algunos principios y riesgos del tratamiento laparoscópico convencional, en 2006, Patkowski et al reportaron una técnica mínimamente invasiva innovadora para la reparación de la hernia inguinal llamada sutura percutánea del anillo interno. El procedimiento fue adoptado aún para neonatos y consistía de atar con un nudo el anillo interno a través de una aguja N° 14 bajo visión laparoscópica directa (26). Los autores operaron 140 hernias, con sólo tres complicaciones intraoperatorias y una impresionante tasa de éxito. En el largo plazo, se reportaron 2% de recurrencia y 4% de hidrocele.

### **Temas específicos anestésicos para el abordaje mínimamente invasivo**

En una investigación específica sobre hechos anestésicos siguiendo a la reparación laparoscópica de hernia, Burgmeier y Schier reportaron 5% de temas anestésicos en bebés de término y más de 20% en pretérminos. Los autores especularon que comorbilidades específicas pre-existentes pueden representar factores de riesgo para efectos cardiorrespiratorios en caso de laparoscopia (27). Sin embargo, la reparación de hernia por vía laparoscópica está siendo usada en todo el mundo (24, 27), y muchos centros adoptan el abordaje mínimamente invasivo como la primera elección para la reparación de hernia inguinal en neonatos.

### **Oportunidad de la reparación**

Dada la relación lineal entre incarceración preoperatoria y el subsiguiente riesgo de atrofia testicular y el riesgo relativamente alto de incarceración en los primeros meses de vida (6), la cirugía debería ser programada basada en este aspecto. Chen et al en

2009 reportó un análisis multicéntrico retrospectivo en infantes con hernia inguinal y concluyeron que esperar más de 14 días después del diagnóstico de hernia inguinal aumenta el riesgo de incarceración y subsiguientes complicaciones (33). Similarmente, Vaos et al desarrollaron un análisis retrospectivo en infantes con hernia inguinal y concluyeron que esperar más de una semana aumenta este riesgo significativamente (34). Lautz et al reportaron en 2011 que la cirugía postpuesta más allá de las 40 semanas de edad postconcepcional aumenta el riesgo de incarceración a más del 20% y que este riesgo continúa aumentando hasta cerca del 30% cuando la cirugía está aún más demorada(38). Una publicación de Misra del 2001 sugirió tratar a los bebés prematuros antes del alta para evitar la incarceración pero no tan temprano como fue previamente sugerido por otros. Los autores enfatizaron la importancia de un seguimiento estricto clínico para evitar los riesgos de atrofia testicular relacionada con la disección dificultosa y manipulación de conducto y vasos (39).

Gholoum et al en 2010 examinaron el tema de la incarceración basándose en la codificación del ICD (Clasificación Internacional de Enfermedades) y concluyeron que sólo una minoría de infantes con hernia inguinal experimentan incarceración preoperatoria y que un período de espera razonable puede no alterar el resultado (40). En 2011, Lee et al reportaron una serie de casi 130 exprematuros que sobrellevaron herniotomía selectiva después del alta hospitalaria y reportaron una tasa de incarceración cero en el período de espera (41). Basados en estos resultados, ellos apoyaron posponer la reparación de hernia en infantes.

Cuando se examina dentro de los 5 a 6 kg, el peso de los pacientes al momento de la cirugía no parece interferir significativamente con las tasas de complicación (6, 28). Hughes et al publicaron una serie de más de 400 bebés pesando en promedio menos de 6 kg y reportaron que no hubo diferencias significativas en materia de complicación cuando se comparó con bebés de término o expretérmino, pese a la alta incidencia de incarceración observada en los últimos. Estos resultados podrían sugerir que la incarceración no interfiere con el resultado, pero estos autores reportaron que cerca del 50% de los pacientes se perdieron para el seguimiento. No obstante, los autores confirmaron la mayor posibilidad de que los prematuros experimenten incarceración preoperatoria (28).

Es de notar, dos encuestas de la Academia Americana de Pediatría en 1993 y 2005 demostraron una clara tendencia en alza en reparación temprana de la hernia en neonatos y expretérminos con 63% de los cirujanos que en 2005 declararon que ellos corregirían la hernia antes del alta de la UCIN para evitar las consecuencias de la incarceración preoperatoria. Sólo una minoría de cirujanos pediátricos diferirían la cirugía para un estadio posterior (1).

### **Qué ocurre con la exploración contralateral?**

En caso de que se elija el abordaje laparoscópico, la exploración bilateral es directa y el tratamiento subsiguiente puede realizarse durante el mismo procedimiento. En el caso del abordaje abierto, la exploración contralateral implica duplicar el riesgo de traumatismo para el conducto deferente y los vasos. En 2016, Weaver et al examinaron una serie de 308 pacientes con un PVP asintomático detectados durante una laparoscopia (no hernia) y reportaron una muy baja incidencia de hernia subsiguiente clínicamente evidente (13%) después de un seguimiento medio de 8 años. Esas hernias se presentaron dentro de los 9 meses desde la detección laparoscópica y requirieron tratamiento quirúrgico (42). Estos resultados disminuyen el riesgo de un PVP volviéndose sintomático hacia la adultez desde un 25-50% a menos del 15% (1, 29). La posibilidad de un PVP contralateral va desde 20% hasta 70% acorde a la literatura (1, 29, 42). Para concluir, cuando se enfocan hernias unilaterales con una incisión clásica a piel abierta, deberíamos explorar hasta 20 cordones para evitar una hernia metacrónica. En caso de laparoscopia, deberíamos realizar 5 cierres inútiles del anillo inguinal interno para evitar una hernia metacrónica clínicamente evidente. Como ya hemos establecido en una publicación propia que investigaba específicamente el tema de las hernias metacrónicas (6), la exploración contralateral de rutina tiene un cociente riesgo-beneficio negativo en varones y debería por lo tanto ser evitada. En efecto, el riesgo de complicaciones quirúrgicas es elevado comparado con el de las potenciales complicaciones relacionadas a un PVP patente contralateral.

### **Discusión y recomendaciones**

En base a la revisión de la literatura y consideraciones previas, podemos delinear las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- AR y AG son igualmente efectivas para el tratamiento de la hernia inguinal en bebés recién nacidos y prematuros, siendo los últimos particularmente proclives a recibir AR debido a posibles comorbilidades que contraindiquen la AG.
- Los abordajes abierto o mínimamente invasivo pueden ser empleados para tratar la hernia inguinal en neonatos y prematuros. En caso de cirugía abierta, el riesgo de manipulación y daño del cordón debería ser tenido en cuenta. Lo mismo aplica para el riesgo de ascenso testicular postoperatorio observado en el caso de abordajes mínimamente invasivos que pueden requerir subsiguiente manipulación de la ingle o del testículo. La razón de la cirugía abierta está representada por la posibilidad de adoptar AR, mientras que la laparoscopia implica AG, que puede ser aplicada mejor a pacientes sin morbilidades co-existentes (27).
- Dado que la atrofia testicular se correlaciona mayormente con incarceration preoperatoria, la oportunidad parece ser crucial. Los datos de la literatura demuestran que no hay indicaciones claras acerca del mejor momento para la reparación en neonatos, infantes, y expretérminos. La mayoría de los datos de la

literatura sugieren operar prematuros y recién nacidos, cuya hernia inguinal fue detectada durante la estadía hospitalaria, antes del alta y aquéllos que recibieron un diagnóstico posterior dentro de las dos semanas del diagnóstico, con adecuada educación a los padres en cuanto al riesgo de incarceration preoperatoria y apropiado seguimiento quirúrgico.

- La exploración contralateral del cordón abierto debería ser evitada. En caso de abordaje laparoscópico, hay todavía debate acerca de qué hacer con el PVP contralateral. Si es asintomático, parece que la conducta "espere y vea" debería ser la elegida. En mujeres, estas opciones podrían ser re-examinadas dado el bajo riesgo de complicaciones relacionadas con la reparación de la hernia inguinal. En efecto, aún en caso de cirugía abierta, la mayoría de los cirujanos operarían bilateralmente en caso de hernia del lado izquierdo dada la más alta posibilidad de PVP contralateral ( el proceso vaginal izquierdo se oblitera más temprano, aumentando entonces el riesgo contralateral).

#### Enfoque preferido de los autores

En nuestro Hospital de Niños, adoptamos el enfoque abierto para la herniotomía inguinal (Fig. 1). Siempre que sea posible, la cirugía se realiza bajo AR. El abordaje laparoscópico está limitado a los pacientes con incarceration o recurrencia, siempre bajo AG. Programamos los prematuros o neonatos para herniotomía antes del alta de UCIN o dentro de las dos semanas del diagnóstico en caso de paciente ambulatorio. Nunca exploramos el lado contralateral en varones, pero sí lo exploramos en niñas con hernia sintomática del lado izquierdo.

Postoperatoriamente, en caso de AG, los neonatos y prematuros hasta la semana 60 postconcepcional permanecen durante la noche con monitoreo continuo. Los pacientes que reciben AR son egresados dentro de las 12 horas de la cirugía, siempre que no se reporten hechos de discomfort quirúrgico.

Bebé antes de las 60 semanas postconcepcionales con hernia inguinal



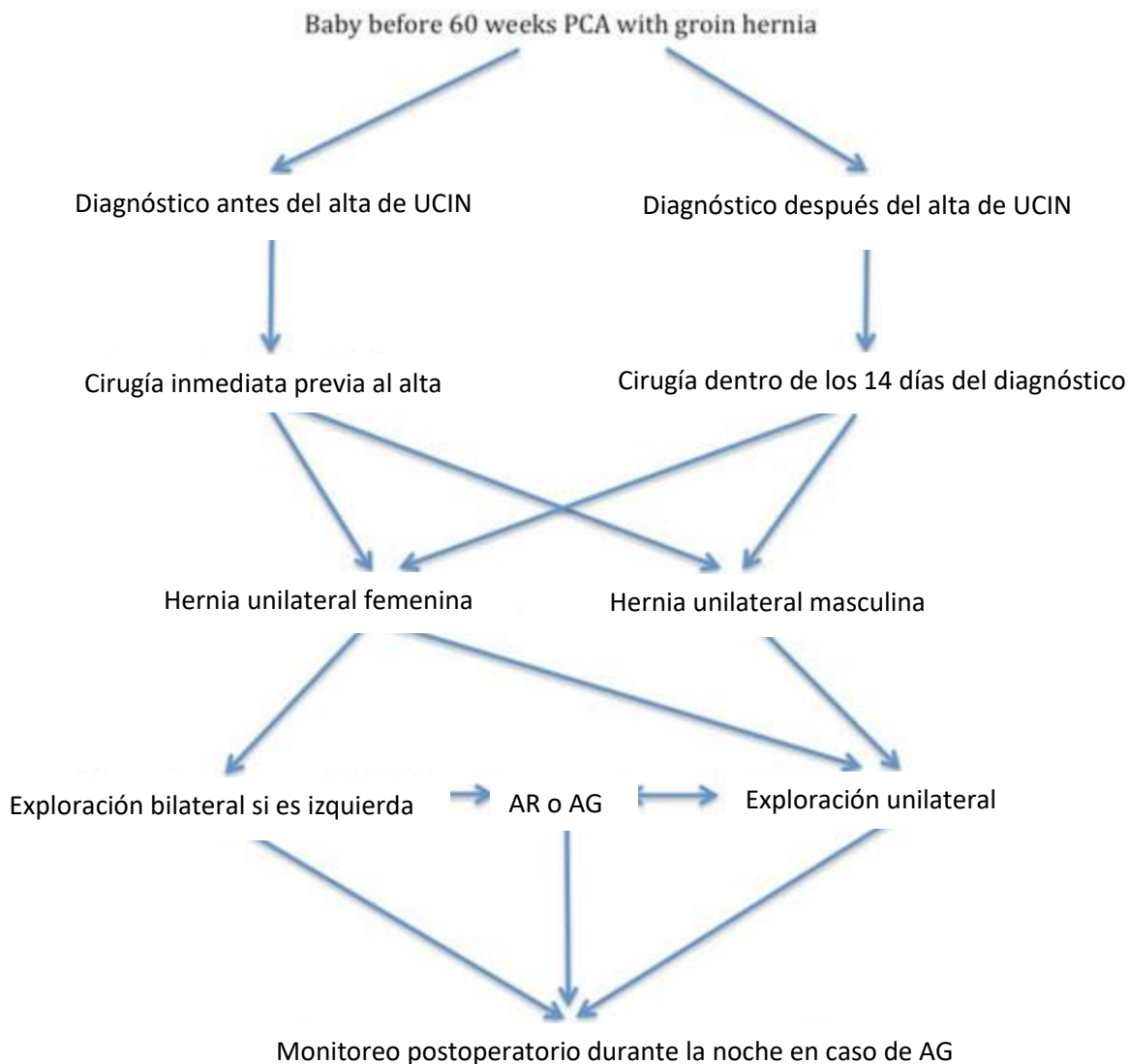


Fig. 1 Algoritmo para hernia inguinal neonatal en Alessandria Children Hospital. La cirugía abierta es empleada en la mayoría de los casos a menos que la hernia esté incarcerada o sea recurrente (se emplea laparoscopia en estos casos) Pacientes <60 semanas de edad postconcepcional requirieron monitoreo continuo nocturno. La metacronicidad es considerada sólo en caso de niñas con hernia inguinal unilateral izquierda. AG, anestesia general; UCIN, Unidad de cuidados intensivos neonatales; AR, anestesia regional

## Referencias

- 1 Wang KS; Committee on Fetus and Newborn, American Academy of Pediatrics; Section on Surgery, American Academy of Pediatrics. Assessment and management of inguinal hernia in infants. *Pediatrics* 2012;130(04):768–773
- 2 Grosfeld JL. Current concepts in inguinal hernia in infants and children. *World J Surg* 1989;13(05):506–515
- 3 Harper RG, Garcia A, Sia C. Inguinal hernia: a common problem of premature infants weighing 1,000 grams or less at birth. *Pediatrics* 1975;56(01):112–115
- 4 Holcomb GW III, Brock JW III, Morgan WM III. Laparoscopic evaluation for a contralateral patent processus vaginalis. *J Pediatr Surg* 1994;29(08):970–973

- 5 McGregor DB, Halverson K, McVay CB. The unilateral pediatric inguinal hernia: should the contralateral side be explored? *J Pediatr Surg* 1980;15(03):313–317
- 6 Pini Prato A, Rossi V, Mosconi M, et al. Inguinal hernia in neonates and ex-preterm: complications, timing and need for routine contralateral exploration. *Pediatr Surg Int* 2015;31(02):131–136
- 7 Sanders RD, Hassell J, Davidson AJ, Robertson NJ, Ma D. Impact of anaesthetics and surgery on neurodevelopment: an update. *Br J Anaesth* 2013;110(Suppl 1):i53–i72
- 8 Block RI, Thomas JJ, Bayman EO, Choi JY, Kimble KK, Todd MM. Are anesthesia and surgery during infancy associated with altered academic performance during childhood? *Anesthesiology* 2012; 117(03):494–503
- 9 DiMaggio C, Sun LS, Kakavouli A, Byrne MW, Li G. A retrospective cohort study of the association of anesthesia and hernia repair surgery with behavioral and developmental disorders in young children. *J Neurosurg Anesthesiol* 2009;21(04):286–291
- 10 Zhang H, Du L, Du Z, Jiang H, Han D, Li Q. Association between childhood exposure to single general anesthesia and neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis of cohort study. *J Anesth* 2015;29(05):749–757
- 11 Dwyer GM, Walker K, Baur L, Badawi N. Developmental outcomes and physical activity behaviour in children postmajor surgery: an observational study. *BMC Pediatr* 2016;16:123
- 12 Davidson AJ, Disma N, de Graaff JC, et al; GAS consortium. Neurodevelopmental outcome at 2 years of age after general anaesthesia and awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2016;387(10015):239–250
- 13 Davidson AJ, Morton NS, Arnup SJ, et al; General Anesthesia compared to Spinal anesthesia (GAS) Consortium. Apnea after awake regional and general anesthesia in infants: the general anesthesia compared to spinal anesthesia study—comparing apnea and neurodevelopmental outcomes, a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 2015;123(01):38–54
- 14 Lambert A, Schälte G, Winter J, et al. Spinal anesthesia for inguinal hernia repair in infants: a feasible and safe method even in emergency cases. *Pediatr Surg Int* 2014;30(10):1069–1073
- 15 Maitra S, Baidya DK, Pawar DK, Arora MK, Khanna P. Epidural anesthesia and analgesia in the neonate: a review of current evidences. *J Anesth* 2014;28(05):768–779
- 16 Williams RK, Black IH, Howard DB, et al. Cognitive outcome after spinal anesthesia and surgery during infancy. *Anesth Analg* 2014; 119(03):651–660
- 17 Gurria J, Kuo P, Kao A, Christensen L, Holterman A. General endotracheal vs. non-endotracheal regional anesthesia for elective inguinal hernia surgery in very preterm neonates: a single institution experience. *J Pediatr Surg* 2017;52(01):56–59
- 18 Allee JI, Goins KM, Berde CB, McCann ME. A case of cerebrospinal fluid leak in an infant after spinal anesthesia. *J Clin Anesth* 2013; 25(03):217–219
- 19 Schier F. Laparoscopic herniorrhaphy in girls. *J Pediatr Surg* 1998; 33(10):1495–1497
- 20 Schier F. Laparoscopic surgery of inguinal hernias in children—initial experience. *J Pediatr Surg* 2000;35(09):1331–1335
- 21 Schier F, Montupet P, Esposito C. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in children: a three-center experience with 933 repairs. *J Pediatr Surg* 2002;37(03):395–397

- 22 Tural S, Enders J, Krause K, Schier F. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in babies weighing 5 kg or less. *Surg Endosc* 2011;25(01): 72–78
- 23 Tural S, Enders J, Krause K, Schier F. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in premature infants. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20 (06):371–374
- 24 Esposito C, Tural S, Escolino M, et al. Laparoscopic inguinal hernia repair in premature babies weighing 3 kg or less. *Pediatr Surg Int* 2012;28(10):989–992
- 25 Shono T, Izaki T, Nakahori R, Yoshimaru K. Testicular ascent after laparoscopic percutaneous extraperitoneal closure for inguinal hernias. *Eur J Pediatr Surg* 2015;25(01):105–108
- 26 Patkowski D, Czernik J, Chrzan R, Jaworski W, Apoznański W. Percutaneous internal ring suturing: a simple minimally invasive technique for inguinal hernia repair in children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2006;16(05):513–517
- 27 Burgmeier C, Schier F. Cardiorespiratory complications after laparoscopic hernia repair in term and preterm babies. *J Pediatr Surg* 2013;48(09):1972–1976
- 28 Hughes K, Horwood JF, Clements C, Leyland D, Corbett HJ. Complications of inguinal herniotomy are comparable in term and premature infants. *Hernia* 2016;20(04):565–569
- 29 Rosenberg J. Pediatric inguinal hernia repair—a critical appraisal. *Hernia* 2008;12(02):113–115
- 30 Takahashi A, Toki F, Yamamoto H, Otake S, Oki Y, Kuwano H. Outcomes of herniotomy in premature infants: recent 10 year experience. *Pediatr Int* 2012;54(04):491–495
- 31 Baird R, Gholoum S, Laberge JM, Puligandla P. Prematurity, not age at operation or incarceration, impacts complication rates of inguinal hernia repair. *J Pediatr Surg* 2011; 46(05):908–911
- 32 Fette AM, Höllwarth ME. Special aspects of neonatal inguinal hernia and herniotomy. *Hernia* 2001;5(02):92–96
- 33 Chen LE, Zamakhshary M, Foglia RP, Copen DE, Langer JC. Impact of wait time on outcome for inguinal hernia repair in infants. *Pediatr Surg Int* 2009;25(03):223–227
- 34 Vaos G, Gardikis S, Kambouri K, Sigalas I, Kourakis G, Petoussis G. Optimal timing for repair of an inguinal hernia in premature infants. *Pediatr Surg Int* 2010;26(04):379–385
- 35 Ibrahim M, Ladan MA, Abdussalam US, et al. Open inguinal herniotomy: analysis of variations. *Afr J Paediatr Surg* 2015;12(02):131–135
- 36 Rescorla FJ, West KW, Engum SA, Scherer LR III, Grosfeld JL. The “other side” of pediatric hernias: the role of laparoscopy. *Am Surg* 1997;63(08):690–693
- 37 Chou TY, Chu CC, Diao GY, Wu CJ, Gueng MK. Inguinal hernia in children: US versus exploratory surgery and intraoperative contralateral laparoscopy. *Radiology* 1996; 201(02):385–388
- 38 Lautz TB, Raval MV, Reynolds M. Does timing matter? A national perspective on the risk of incarceration in premature neonates with inguinal hernia. *J Pediatr* 2011;158(04):573–577
- 39 Misra D. Inguinal hernias in premature babies: wait or operate? *Acta Paediatr* 2001;90(04):370–371
- 40 Gholoum S, Baird R, Laberge JM, Puligandla PS. Incarceration rates in pediatric inguinal hernia: do not trust the coding. *J Pediatr Surg* 2010;45(05):1007–1011
- 41 Lee SL, Gleason JM, Sydorak RM. A critical review of premature infants with inguinal hernias: optimal timing of repair, incarceration risk, and postoperative apnea. *J Pediatr Surg* 2011;46(01): 217–220

42 Weaver KL, Poola AS, Gould JL, Sharp SW, St Peter SD, Holcomb GW III. The risk of developing a symptomatic inguinal hernia in children with an asymptomatic patent processus vaginalis.

# Timing and Management of Inguinal Hernia in the Premature Baby

Alessio Pini Prato<sup>1</sup> Germana Casaccia<sup>1</sup> Rossella Arnoldi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatric Surgery, Alessandria Children Hospital, Alessandria, Italy

**Address for correspondence** Alessio Pini Prato, MD, Department of Pediatric Surgery, Alessandria Children Hospital, Spalto Marengo, 46, Alessandria 15100, Italy (e-mail: a.piniprato@gmail.com).

Eur J Pediatr Surg 2017;27:472–477.

## Abstract

Inguinal hernias in children occur with a prevalence ranging from 3 to 5%. The likelihood of a symptomatic patent processus vaginalis is significantly higher in preterms, as reported by most series. As a consequence, inguinal hernia represents the most common condition requiring surgical repair in the neonate and preterm baby. Surgery aims at avoiding and preventing intestinal and gonadal lesions related to incarceration. Nonetheless, hernia repair is technically demanding, with a relatively high risk of complications including recurrence and testicular atrophy. This paper will address some of most debated aspect of inguinal hernia management in preterms babies. The authors will discuss anesthesiological implications, available surgical techniques, optimal timing for surgery, and reasons for possible contralateral groin exploration. The authors will also discuss literature evidences and will propose their own behavior to provide an algorithm for the correct management of neonates and ex-preterms with inguinal hernia.

## Keywords

- ▶ inguinal hernia
- ▶ preterm
- ▶ neonate
- ▶ surgery
- ▶ laparoscopy

## Introduction

Inguinal hernias in children occur with a prevalence ranging from 3 to 5%.<sup>1,2</sup> It occurs as a consequence of a patent processus vaginalis (PPV) that can become symptomatic due to the sliding of bowel loops, ovary, omentum, or other intra-abdominal organ in its contest. The likelihood of a symptomatic PPV is significantly higher in preterms who can experience inguinal hernias in approximately 20% of cases, as reported in most series.<sup>3</sup> As for the general pediatric population, gender distribution shows a strong male preponderance, and right-sided hernias predominate over left-sided ones. Bilateral hernias have a higher incidence in neonates and preterms. Of note, previous studies, such as those by Holcomb et al, demonstrated that asymptomatic PPVs can be detected in nearly 60% of patients with unilateral symptomatic groin hernias, with an inverse relationship with patients' age.<sup>1,2,4</sup> Roughly 80% of neonates, over 60% of infants, 30% of children younger than 1, and 15% of those younger than 5 years carry an asymptomatic PPV.<sup>1</sup> Although the risk of developing a subsequent inguinal

hernia in case of asymptomatic PPV has been estimated to be more than 25%,<sup>5</sup> there is still debate on what to do to prevent metachrony.

Based on previous epidemiological data, inguinal hernia represents the most common condition requiring surgical repair in the neonate and preterm baby. Even so, the procedure in preterms can be technically demanding with a potential risk for severe complications. This is the reason why inguinal herniotomy in neonates and preterms is considered a major procedure that is performed only by consultants or senior resident/registrar.<sup>6</sup>

Although most surgeons would advocate early repair,<sup>1,6</sup> given the lack of definitive data, optimal timing for inguinal herniotomy in neonates and preterms remains debatable. Surgical repair aims at avoiding or preventing intestinal and gonadal sequelae related to incarceration, whose risk decreases during growth but can be as high as 60% before 6 months of age.<sup>1,6</sup> These risks must be balanced against the risk for potential operative and anesthetic complications. In fact, surgery is not harmless nor it is anesthesia. This paper will

received  
October 26, 2017  
accepted  
October 30, 2017  
published online  
November 15, 2017

© 2017 Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0037-1608802>.  
ISSN 0939-7248.

discuss anesthesiological implications, available surgical techniques, debate regarding timing for surgery, and reasons for possible contralateral groin exploration. The authors will discuss literature evidences and will propose their own behavior to provide an algorithm for the correct management of neonates and ex-preterms with inguinal hernia.

## Considerations regarding Anesthesia

Surgical trauma and stress responses lead to inflammatory activation that can interfere with neurodevelopment. In 2013, Sanders et al performed a systematic review of available studies regarding effects of surgery and general anesthesia (GA) over development and suggested that metabolic stress responses, as those occurring in case of surgery, can lead to glial activation and neuronal hyperexcitability in cortical and subcortical areas, thus stimulating apoptosis and damage during well-defined vulnerable time periods.<sup>7</sup> Other authors suggested that GA can interfere per se with neurodevelopment and that this risk is higher if children are operated early.<sup>8,9</sup> But what should be considered the age limit for GA to determine negative effects? Zhang et al performed a meta-analysis of paper published over a 10-year period focusing on neurodevelopmental outcome following GA. The authors concluded that children who underwent GA up to the age of 3 have a moderately higher risk of neurodevelopmental disorders being those operated on at a later age basically unaffected.<sup>10</sup> Though mostly retrospective, other studies confirmed this aspect. In particular, Dwyer et al performed an observational study on patients who underwent major surgery in the neonatal period and reported a neurodevelopmental effect of early surgery + GA. The authors reported mild delay, particularly in the area of cognition, receptive language, and fine motor development.<sup>11</sup>

Based on in vitro and in vivo reports in animal models underlying the potential detrimental effects of anesthetic agents over neurodevelopment, a recent randomized controlled trial by Davidson et al compared regional anesthesia (RA) and GA in neonates, infants, and ex-preterms undergoing inguinal hernia repair to determine the effects of GA in neonates and ex-preterm. This trial failed to demonstrate major effects as neurodevelopment assessed by the age of 2 was not significantly affected by the chosen anesthetic plan.<sup>12</sup> Even so, the trial is still ongoing and we are still waiting the results of 5-year neurodevelopmental assessment that could better clarify this issue. On the other hand, in a secondary outcome analysis, the same study confirmed the higher risk of postoperative apnea related to GA administration and its potentially fatal effects if undetected.<sup>13</sup> On the ground of these considerations, this topic is still a matter of debate without definitive answers reported so far.

Whether GA is harmful or not is thus yet to be determined. Anyway, alternative options do exist and include RA (spinal or caudal) without sedation. Many papers addressed this issues, and many centers worldwide confirmed its feasibility, with particular regard to inguinal hernia repair, even in urgent cases.<sup>14,15</sup> Furthermore, Williams et al in 2014, reviewing 265 students who underwent RA in infancy, confirmed that RA does not determine detrimental effects

over neurodevelopment.<sup>16</sup> Of note, recent evidences even suggest a possible superiority of RA over GA for postoperative management of neonates and infants undergoing inguinal hernia repair.<sup>17</sup> Although carrying a potential risk for cerebrospinal fluid leak and bleeding,<sup>18</sup> RA should be at least considered a valid alternative to GA for neonates or preterms requiring early inguinal herniotomy.

## Surgical Treatment

### General Considerations

Hernia repair in preterms and neonates can be approached with the "classic" open surgery or with minimally invasive laparoscopic approaches that are gaining importance and wider use in recent years.<sup>19-27</sup> Nonetheless, the real prevalence of surgeons resorting to the latter approach and the benefits of minimally invasive surgery for hernia repair remain undetermined to date.<sup>1</sup>

Inguinal hernia repair in neonates and infants can be a technically demanding procedure even in experienced hands, with a relatively high risk of postoperative complications. They are reported to occur with a frequency from 6% to more than 10% and include bleeding, wound infection, recurrence, postoperative persistent hydrocele, testicular ascent, and testicular atrophy.<sup>28-30</sup> These complications have a threefold higher incidence when compared with older children. A retrospective analysis by Baird et al confirmed a higher rate of complications in infants aged less than 43 weeks of postconceptual age at surgery. They speculated that thinner and friable PPV as well as fragile cord structures predispose to failure and other complications.<sup>31</sup>

Given the increased risk of testicular atrophy, which has been reported to be as high as up to 10%,<sup>32</sup> we recently looked for preoperative risk factors and demonstrated in a unicentric experience on more than 180 herniotomies in neonates and ex-preterm that preoperative incarceration significantly increases the likelihood of such a complication.<sup>6</sup> This is not new as other authors already suggested such a relationship<sup>33,34</sup> but stresses the importance of correct timing for surgery with adequate preoperative clinical surveillance.

### Available Surgical Techniques

#### "Classic" Open Repair

The classic skin incision at the inguinal crease leads to the inguinal canal. Some surgeons will open the roof of the canal by dividing the external oblique fascia, as for older children, whereas others will go straight to the PPV distal to the external inguinal ring. Extrainguinal approach is faster but requires more experienced surgeons and theoretically increases the risk of recurrence due to the persistence of a patent stump that can lead to recurrence or persistence in the medium-to-long term. Other technical variations including external inguinal ring opening, twisting of the sac, and double ligation did not show superior results when compared with a classic procedure.<sup>35</sup> As indicated previously, the risk of complication can be as high as 10%, with testicular atrophy being reported with a frequency ranging from 1 to 10%.<sup>6,28-30</sup>

### Open Repair and Diagnostic Laparoscopy

Minimally invasive surgery is becoming increasingly popular even for newborns and preterms. Since the late 1990s, laparoscopy was used for diagnostic purposes to check the other side of the groin to prevent the risk for metachronous hernias.<sup>36,37</sup>

### Laparoscopic Herniorrhaphy

Later on, laparoscopy was also introduced for the surgical treatment.<sup>19,20</sup> A provisional multicentric experience in 2002 by Schier et al reported good results of laparoscopic herniorrhaphy, with 3.4% recurrence rate and only one case of testicular atrophy over a series of 933 children aged on average 3 years.<sup>21</sup> Since 2010, various authors have reported laparoscopic inguinal hernia repair in neonates and ex-preterms. Turial et al reported a series of 148 babies weighting less than 5 kg with a reasonable recurrence rate (2%), no testicular atrophy, and overall 6% reoperation rate due to recurrence or testicular ascent.<sup>22</sup> The same authors focused on preterms babies and reported a higher but still reasonable recurrence rate (3.6%), a relatively high testicular ascent rate (nearly 10%), and no testicular atrophy. Noticeably, the authors reported a 7% incidence of anesthesiological issues.<sup>23</sup> Esposito et al reported a series of neonates and ex-preterm weighting less than 3 kg at surgery, with 4.4% recurrence rate, no testicular atrophy, and 15% of testicular ascent.<sup>24</sup> The high rate of testicular ascent with its subsequent need for orchiopexy prompted Shono et al to focus on this issue. They concluded that the adherent sac can somehow reduce the potential for testicular descent, thus leading to subsequent need for orchiopexy,<sup>25</sup> and that a strict follow-up is mandatory to promptly identify this issue.

### Percutaneous Internal Ring Suturing

Although based on the same principles and risks of conventional laparoscopic treatment, in 2006, Patkowski et al reported an innovative minimally invasive technique for inguinal hernia repair called percutaneous internal ring suturing. The procedure was adopted even in neonates and consisted of knot-tying the internal ring through a 14-gauge needle under direct laparoscopic vision.<sup>26</sup> The authors operated on 140 hernias, with only three intraoperative complications and an impressive success rate. In the long term, 2% recurrence and 4% hydrocele were reported.

### Specific Anesthesiological Issues for Minimally Invasive Approach

In a specific assessment of anesthesiological issues following laparoscopic hernia repair, Burgmeier and Schier reported 5% anesthesiological issues in term babies and over 20% in preterms. The authors speculated that specific preexisting comorbidities can represent risk factors for cardiorespiratory issues in case of laparoscopy.<sup>27</sup> Nonetheless, laparoscopic hernia repair is now being used worldwide,<sup>24,27</sup> and many centers adopt the minimally invasive approach as the first choice for groin hernia repair in neonates.

### Timing for Repair

Given the linear relationship between preoperative incarceration, and the subsequent risk for testicular atrophy and the

relatively high risk of incarceration in the very first months of life,<sup>6</sup> surgery should be scheduled based on this aspect. Chen et al in 2009 reported a retrospective multicentric analysis on infants with inguinal hernia and concluded that waiting longer than 14 days after diagnosis of inguinal hernia does increase the risk of incarceration and subsequent complications.<sup>33</sup> Similarly, Vaos et al performed a retrospective analysis on infants with inguinal hernia and concluded that waiting longer than 1 week significantly increases this risk.<sup>34</sup> Lautz et al reported in 2011 that surgery delayed beyond 40 weeks of postconceptual age increases the risk of incarceration to more than 20% and that this risk is further increased to nearly 30% when surgery is even more delayed.<sup>38</sup> A paper from Misra dating back to 2001 suggested to treat preterms before discharge to avoid incarceration but not as early as others previously suggested. The authors stressed the importance of a strict clinical follow-up to avoid the risks of testicular atrophy related to difficult dissection and vas and vessels manipulation.<sup>39</sup>

Gholoum et al in 2010 addressed the issue of incarceration basing on ICD (International Classification of Diseases) coding and concluded that only a minority of infants with inguinal hernia experience incarceration preoperatively and that a reasonable waiting time may not alter the outcome.<sup>40</sup> In 2011, Lee et al reported a series of nearly 130 ex-preterms who underwent elective herniotomy after hospital discharge and reported a zero incarceration rate in the waiting period.<sup>41</sup> Based on these results, they supported the delay of hernia repair in infants.

When addressed within 5 to 6 kg, patients' weight at surgery seem not to significantly interfere with complication rates.<sup>6,28</sup> Hughes et al published a series of more than 400 babies weighting on average less than 6 kg and reported that no significant differences in term of complication were observed when comparing terms and ex-preterms, regardless of the higher incidence of incarceration observed in the latter. These results could suggest that incarceration does not interfere with the outcome, but these authors reported that nearly 50% of the patients were lost on follow-up. Nevertheless, the authors confirmed the higher likelihood of preterms to experience preoperative incarceration.<sup>28</sup>

Of note, two surveys of the American Academy of Pediatrics in 1993 and 2005 demonstrated a clear trend over early hernia repair in neonates and ex-preterm with 63% of surgeons that in 2005 declared that they would correct the hernia before discharge from neonatal intensive care unit (NICU) in order to avoid the consequences of preoperative incarceration. Only a minority of pediatric surgeons would differ surgery to a later stage.<sup>1</sup>

### What about Contralateral Exploration?

In case laparoscopic approach is chosen, bilateral exploration is straightforward and subsequent treatment can be undertaken during the same procedure. In case open approach is chosen, contralateral exploration implies doubling the risk of vas and vessels traumatism. In 2016, Weaver et al assessed a series of 308 patients with an asymptomatic PPV detected during a nonhernia laparoscopy and reported a very low incidence of subsequent clinically evident hernia (13%) after

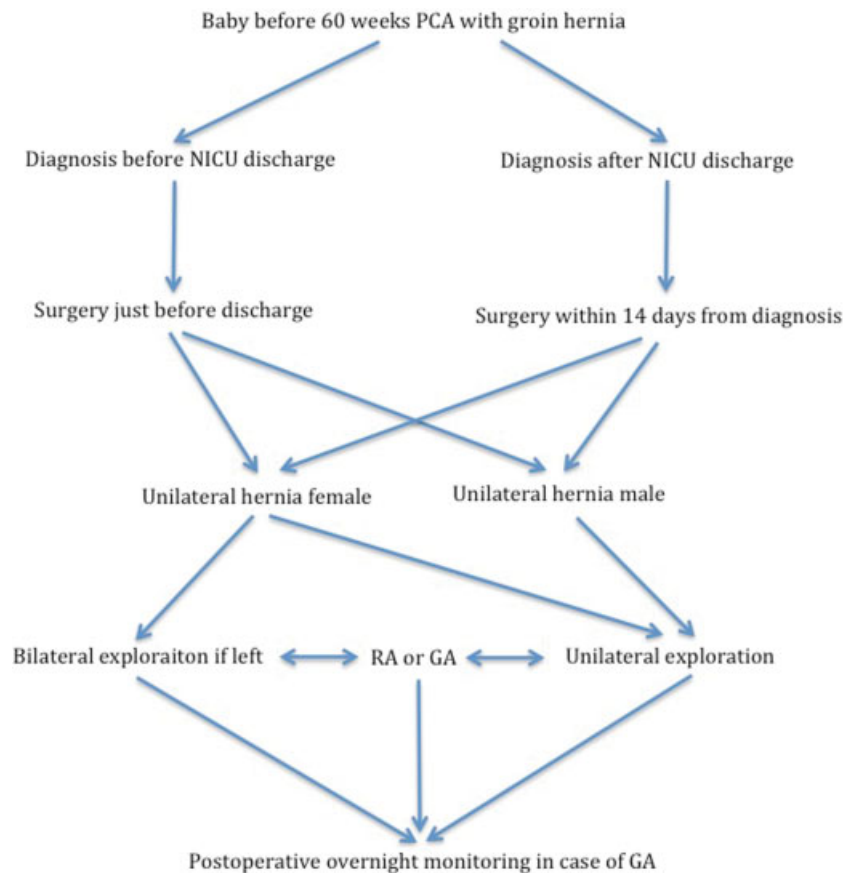


a mean 8-year follow-up. Those hernias presented within 9 months from laparoscopic detection and required surgical treatment.<sup>42</sup> These results downgrade the risk of a PPV turning symptomatic toward adulthood from 25 to 50% to less than 15%.<sup>1,29</sup> The likelihood of a contralateral PPV ranges from 20% to up to 70% according to literature.<sup>1,29,42</sup> To conclude, when approaching unilateral hernias with a classic open skin crease incision, we should explore up to 20 cords to avoid a single metachronous hernia. In case of laparoscopy, we should perform 5 useless closures of the internal inguinal ring in order to avoid a clinically evident metachronous hernia. As we have already stated in a paper of ours that specifically addressed the issue of metachronous hernias,<sup>6</sup> routine contralateral exploration has a negative risk–benefit ratio in males and should be therefore avoided. In fact, the risk of surgical complications is higher compared to that of potential complications related to a contralateral patent PPV.

### Discussion and Recommendations

On the ground of literature review and previous considerations, we can draw the following conclusions and recommendations:

- RA and GA are equally effective for the treatment of inguinal hernia in neonates and preterms babies, the latter being particularly prone to receive RA due to possible comorbidities contraindicating GA.
- Either open or minimally invasive approaches can be used to treat inguinal hernia in neonates and preterms. In case of open surgery, the risk of cord manipulation and damage should be taken into consideration. The same applies to the risk of postoperative testicular ascent observed in case of minimally invasive approaches that may require subsequent groin or testicular manipulation. The rationale of open surgery is represented by the possibility to adopt RA, whereas laparoscopy implies GA, which can be better applied to patients without co-existing comorbidities.<sup>27</sup>
- As testicular atrophy correlates mostly with preoperative incarceration, timing seems to be crucial. Literature data demonstrate that no clear-cut indications regarding timing for repair in neonates, infants, and ex-preterm exist. The majority of literature data suggest to operate preterms and neonates, whose inguinal hernia was detected during hospital stay, before discharge and those who received a later diagnosis within 2 weeks from diagnosis, with adequate parent education regarding the risk of preoperative incarceration and appropriate surgical follow-up.
- Routine contralateral open cord exploration should be avoided. In case of laparoscopic approach, there is still debate regarding what to do with the contralateral PPV. If it is asymptomatic, it seems that a “wait-and-see” approach should be preferred. In females, these options



**Fig. 1** Algorithm for neonatal inguinal hernia at Alessandria Children Hospital. Open surgery is used for most cases unless hernia is incarcerated or recurrent (laparoscopy is used in those cases). Patients younger than 60 postconceptual weeks did require continuous overnight monitoring. Metachronicity is considered only in case of females with unilateral left inguinal hernia. GA, general anesthesia; NICU, neonatal intensive care unit; PCA, postconceptual age (weeks); RA, regional anesthesia.



could be reassessed given the lower risk of complications related to inguinal hernia repair. In fact, even in case of open surgery, most of surgeons would operate bilaterally in case of left-sided hernia given the higher likelihood of a contralateral PPV (left processus vaginalis obliterates earlier, thus increasing the risk of contralateral patency).

### Authors' Preferred Approach

In our Children Hospital, we adopt open approach for inguinal herniotomy (→ Fig. 1). Whenever feasible, surgery is performed under RA. Laparoscopic approach is limited to patients with incarceration or recurrence, always under GA. We do schedule preterms or neonates for herniotomy before discharge from NICU or within 2 weeks from diagnosis in case of outpatient diagnosis. We never explore the contralateral side in males, but we explore it only in females with unilateral symptomatic left-sided hernia.

Postoperatively, in case of GA, we keep neonates and preterms up to 60 postconceptual week overnight with continuous monitoring. Those patients receiving RA are discharged within 12 hours from surgery, provided no surgical issues of discomfort are reported.

#### Conflict of Interest

None.

#### References

- Wang KS; Committee on Fetus and Newborn, American Academy of Pediatrics; Section on Surgery, American Academy of Pediatrics. Assessment and management of inguinal hernia in infants. *Pediatrics* 2012;130(04):768–773
- Grosfeld JL. Current concepts in inguinal hernia in infants and children. *World J Surg* 1989;13(05):506–515
- Harper RG, Garcia A, Sia C. Inguinal hernia: a common problem of premature infants weighing 1,000 grams or less at birth. *Pediatrics* 1975;56(01):112–115
- Holcomb GW III, Brock JW III, Morgan WM III. Laparoscopic evaluation for a contralateral patent processus vaginalis. *J Pediatr Surg* 1994;29(08):970–973
- McGregor DB, Halverson K, McVay CB. The unilateral pediatric inguinal hernia: should the contralateral side be explored? *J Pediatr Surg* 1980;15(03):313–317
- Pini Prato A, Rossi V, Mosconi M, et al. Inguinal hernia in neonates and ex-preterm: complications, timing and need for routine contralateral exploration. *Pediatr Surg Int* 2015;31(02):131–136
- Sanders RD, Hassell J, Davidson AJ, Robertson NJ, Ma D. Impact of anaesthetics and surgery on neurodevelopment: an update. *Br J Anaesth* 2013;110(Suppl 1):i53–i72
- Block RI, Thomas JJ, Bayman EO, Choi JY, Kimble KK, Todd MM. Are anesthesia and surgery during infancy associated with altered academic performance during childhood? *Anesthesiology* 2012;117(03):494–503
- DiMaggio C, Sun LS, Kakavouli A, Byrne MW, Li G. A retrospective cohort study of the association of anesthesia and hernia repair surgery with behavioral and developmental disorders in young children. *J Neurosurg Anesthesiol* 2009;21(04):286–291
- Zhang H, Du L, Du Z, Jiang H, Han D, Li Q. Association between childhood exposure to single general anesthesia and neurodevelopment: a systematic review and meta-analysis of cohort study. *J Anesth* 2015;29(05):749–757
- Dwyer GM, Walker K, Baur L, Badawi N. Developmental outcomes and physical activity behaviour in children post major surgery: an observational study. *BMC Pediatr* 2016;16:123
- Davidson AJ, Disma N, de Graaff JC, et al; GAS consortium. Neurodevelopmental outcome at 2 years of age after general anaesthesia and awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2016;387(10015):239–250
- Davidson AJ, Morton NS, Arnup SJ, et al; General Anesthesia compared to Spinal anesthesia (GAS) Consortium. Apnea after awake regional and general anesthesia in infants: the general anesthesia compared to spinal anesthesia study—comparing apnea and neurodevelopmental outcomes, a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 2015;123(01):38–54
- Lambertz A, Schälte G, Winter J, et al. Spinal anesthesia for inguinal hernia repair in infants: a feasible and safe method even in emergency cases. *Pediatr Surg Int* 2014;30(10):1069–1073
- Maitra S, Baidya DK, Pawar DK, Arora MK, Khanna P. Epidural anesthesia and analgesia in the neonate: a review of current evidences. *J Anesth* 2014;28(05):768–779
- Williams RK, Black IH, Howard DB, et al. Cognitive outcome after spinal anesthesia and surgery during infancy. *Anesth Analg* 2014;119(03):651–660
- Gurria J, Kuo P, Kao A, Christensen L, Holterman A. General endotracheal vs. non-endotracheal regional anesthesia for elective inguinal hernia surgery in very preterm neonates: a single institution experience. *J Pediatr Surg* 2017;52(01):56–59
- Allee JI, Goins KM, Berde CB, McCann ME. A case of cerebrospinal fluid leak in an infant after spinal anesthesia. *J Clin Anesth* 2013;25(03):217–219
- Schier F. Laparoscopic herniorrhaphy in girls. *J Pediatr Surg* 1998;33(10):1495–1497
- Schier F. Laparoscopic surgery of inguinal hernias in children—initial experience. *J Pediatr Surg* 2000;35(09):1331–1335
- Schier F, Montupet P, Esposito C. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in children: a three-center experience with 933 repairs. *J Pediatr Surg* 2002;37(03):395–397
- Tural S, Enders J, Krause K, Schier F. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in babies weighing 5 kg or less. *Surg Endosc* 2011;25(01):72–78
- Tural S, Enders J, Krause K, Schier F. Laparoscopic inguinal herniorrhaphy in premature infants. *Eur J Pediatr Surg* 2010;20(06):371–374
- Esposito C, Tural S, Escolino M, et al. Laparoscopic inguinal hernia repair in premature babies weighing 3 kg or less. *Pediatr Surg Int* 2012;28(10):989–992
- Shono T, Izaki T, Nakahori R, Yoshimaru K. Testicular ascent after laparoscopic percutaneous extraperitoneal closure for inguinal hernias. *Eur J Pediatr Surg* 2015;25(01):105–108
- Patkowski D, Czernik J, Chrzan R, Jaworski W, Apoznański W. Percutaneous internal ring suturing: a simple minimally invasive technique for inguinal hernia repair in children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2006;16(05):513–517
- Burgmeier C, Schier F. Cardiorespiratory complications after laparoscopic hernia repair in term and preterm babies. *J Pediatr Surg* 2013;48(09):1972–1976
- Hughes K, Horwood JF, Clements C, Leyland D, Corbett HJ. Complications of inguinal herniotomy are comparable in term and premature infants. *Hernia* 2016;20(04):565–569
- Rosenberg J. Pediatric inguinal hernia repair—a critical appraisal. *Hernia* 2008;12(02):113–115
- Takahashi A, Toki F, Yamamoto H, Otake S, Oki Y, Kuwano H. Outcomes of herniotomy in premature infants: recent 10 year experience. *Pediatr Int* 2012;54(04):491–495
- Baird R, Gholoum S, Laberge JM, Puligandla P. Prematurity, not age at operation or incarceration, impacts complication rates of inguinal hernia repair. *J Pediatr Surg* 2011;46(05):908–911

- 32 Fette AM, Höllwarth ME. Special aspects of neonatal inguinal hernia and herniotomy. *Hernia* 2001;5(02):92–96
- 33 Chen LE, Zamakhshary M, Foglia RP, Copen DE, Langer JC. Impact of wait time on outcome for inguinal hernia repair in infants. *Pediatr Surg Int* 2009;25(03):223–227
- 34 Vaos G, Gardikis S, Kambouri K, Sigalas I, Kourakis G, Petoussis G. Optimal timing for repair of an inguinal hernia in premature infants. *Pediatr Surg Int* 2010;26(04):379–385
- 35 Ibrahim M, Ladan MA, Abdussalam US, et al. Open inguinal herniotomy: analysis of variations. *Afr J Paediatr Surg* 2015;12(02):131–135
- 36 Rescorla FJ, West KW, Engum SA, Scherer LR III, Grosfeld JL. The “other side” of pediatric hernias: the role of laparoscopy. *Am Surg* 1997;63(08):690–693
- 37 Chou TY, Chu CC, Diao GY, Wu CJ, Gueng MK. Inguinal hernia in children: US versus exploratory surgery and intraoperative contralateral laparoscopy. *Radiology* 1996;201(02):385–388
- 38 Lautz TB, Raval MV, Reynolds M. Does timing matter? A national perspective on the risk of incarceration in premature neonates with inguinal hernia. *J Pediatr* 2011;158(04):573–577
- 39 Misra D. Inguinal hernias in premature babies: wait or operate? *Acta Paediatr* 2001;90(04):370–371
- 40 Gholoum S, Baird R, Laberge JM, Puligandla PS. Incarceration rates in pediatric inguinal hernia: do not trust the coding. *J Pediatr Surg* 2010;45(05):1007–1011
- 41 Lee SL, Gleason JM, Sydorak RM. A critical review of premature infants with inguinal hernias: optimal timing of repair, incarceration risk, and postoperative apnea. *J Pediatr Surg* 2011;46(01):217–220
- 42 Weaver KL, Poola AS, Gould JL, Sharp SW, St Peter SD, Holcomb GW III. The risk of developing a symptomatic inguinal hernia in children with an asymptomatic patent processus vaginalis. *J Pediatr Surg* 2017;52(01):60–64