소아에서의 최소 침습 수술 -한국에서의 현황-

김대연

울산대학교 의과대학 서울아산병원 소아외과

Current Status of Pediatric Minimal Invasive Surgery (MIS) in Korea

Daeyeon Kim, M.D., Ph.D.

Division of Pediatric Surgery, Department of Surgery, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Minimal invasive surgery (MIS) has rapidly gained acceptance for the management of a wide variety of pediatric diseases. The evolution of minimally invasive surgery (MIS) in children, especially newborns, has been delayed because of the limited working space and unique physiology. With the development of smaller instruments and advanced surgical skills, many of the initial obstacles have been overcome. MIS in children has been used in specialized centers with excellent results, and its application in Korea has been increasing recently. Obvious advantages include better cosmeses, less trauma, and better postoperative musculoskeletal function, especially after thoracic procedures. However, prospective randomized trials and high-level evidence of the benefits of MIS are still scarce. Questions to be answered in the upcoming years will therefore include identify both advantages and potential disadvantages of MIS, especially in neonates. In this review, recent surveys regarding use of MIS by the Korean Association of Pediatric Surgeons were also discussed.

Keywords: Minimally invasive surgical procedures, Pediatrics, South Korea

Received August 2, 2016
Accepted August 22, 2016

Corresponding author
Daeyeon Kim
Division of Pediatric Surgery,
Department of Surgery, Asan
Medical Center, University of Ulsan
College of Medicine, 88 Olympic-
ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505,
Korea
Tel: +82-2-3010-3510
Fax: +82-2-474-9027
E-mail: kimdy@amc.seoul.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2016 The Journal of Minimally Invasive Surgery. All rights reserved.

서 론

최소침습수술은 1980년대 이후 매우 빠르게 외과 수술에 적용되기 시작하여 소아외과에서도 지난 20년 간 많은 영역에서 최소침습 술기로서 시행되기 시작하였다.¹⁻³

아직까지 소아외과 영역에서의 최소침습수술의 적응증에 대한 논란이 있고, 특히, 신생아 영역에서는 안전성과 적합성에 대한 아직까지 해결되지 않은 문제들이 있다. 기술적인 면에서도 성인에서의 발전 속도만큼 소아에 빠르게 적용되지 못하고 있는 것이 현실이다. 그런 이유는 소아, 특히 영아나 신생아에 맞는 장비가 여러가지 이유로 개발되는 속도가 느리고, 성인에 비해 수술을 시행하는 소아외과의사와 증례가 적기 때문이기도

하다. 그렇지만, 작은 수술 반흔을 원하는 환자들과 보호자들의 요구로 국내에서도 소아외과 영역에서 일부 영역에서는 선도적 일 정도로 빠르게 발전하고 있다.

본 론

소아 최소침습 수술의 생리적인 측면

출생 직후는 신생아가 각 기관과 면역기능 등이 적응하는 시기이다. 신생아에서 복강이나 흉강내로의 이산화탄소 주입이 생리적으로 어떤 영향을 줄지에 대해서 알려진 것이 별로 없다. 특히, 신생아에 대한 연구들은 이산화탄소 복강이나 흉강 내 주입

이 안 좋을 수 있다는 연구가 발표되고 있는 것이 현실이다.^{4,5}

순환기계 영향

소아에서 이산화탄소가 좀 더 많이 흡수되고, 신생아에서 심혈관계가 이산화탄소에 더 민감하게 반응한다는 연구 결과들이 있다.

복강경 수술 시 복압의 증가는 대정맥을 눌러 전부하(preload)와 심박출량을 감소시키기 때문에 수술 전 충분히 수액 공급을 하는 것이 필요하다. 특히, 신생아는 최대 8~10 mmHg의 이산화탄소 복막압이 적당하고, 이것도 아주 조금씩 올리는 것이 좋다. 이렇게 주의를 기울여도, 2시간 이상의 복강경 수술이 진행되면, 순환 혈액량, 중심 정맥 산소 포화도가 감소하고, 대사성 산증이 발생할 수 있다.⁶

호흡기계 영향

출생 직후부터 신생아기의 호흡기계는 미성숙 상태로 초기 소아기까지 발달이 계속된다. 신생아기의 체표면적 대 폐포면적의 비율은 성인의 1/3 수준으로 산소 요구량이 증가에 대처하기 위해서 성인의 두배 가량의 폐포 환기와 산소가 필요하다. 정상적인 생리적 상태라 할지라도 이러한 대사요구에 맞추기 위해 자신의 호흡기와 순환기계는 자신의 기능적으로 한계치에 도달할 정도로 쓰게 된다. 이렇듯, 복강압이 증가하고, 이산화탄소가 재흡수되면 신생아의 호흡 기능이 더욱 나빠질 수 있다. 또한, 신생아는 기복증이 된 상태에서 폐 순응도가 30~50% 감소하고, 트랜스렌버그 자세가 되면 20% 더 감소하게 된다.⁷

이산화탄소를 복강 내 주입하게 되면 기능잔기용량(functional residual capacity)이 감소하고, 산소 소비, 폐 저항, 폐포 분당 환기가 증가하게 된다. 물리적으로는 증가된 복압이 흉강에 영향을 미쳐 폐내 동정맥선트(intrapulmonary arteriovenous shunts)가 열리게 되어 환기/관류 지수가 더욱 악화되게 된다. 이에 적절히 대응하기 위해서는 마취의사와의 협조가 매우 중요하다.

최소침습수술에서 흉강경은 신생아에게 더 안 좋은 영향을 미칠 지도 모른다. 다수의 연구에서 흉강 내 다량의 이산화탄소 흡수가 신생아에게 신경독성일 수 있다고 보고하기도 하여, 선천성 횡격막 탈장 복원 수술 시의 안전에 대해 의문을 제기하는 연거 결과들이 있어 이에 대한 제대로된 무작위대조시험이 필요할 것으로 보인다.⁷

신장 기능 영향

성인과 달리 신생아는 복압이 증가가 신 관류과 이에 따른 소변량에 더 많은 영향을 받을 것으로 보인다. 영아의 대부분은 복강경 수술 동안 잠정적인 무뇨 상태가 되어 주의 깊은 수액 공급이 중요하지만, 수액 과다가 될 수 있기 때문에 소변량에만

의존하여 수액 공급을 해서도 안된다.⁸

신생아, 영아에서 최소침습수술의 현황

유문근절개술

복강경 유문근 절개술은 3개의 투관침을 꿰고, 3 mm 카메라와 기구를 사용한다. Oomen 등이 4개의 무작위 대조 임상시험을 메타 분석하여 복강경 군과 개복군의 합병증의 합병증을 비교하였을 때, 두군간의 합병증 등의 차이가 없었고, 오히려 식이까지의 시간이 복강경군에서 좀 더 빨라서 경험 있는 소아외과 의사에 의해 시행되었을 개복술만큼 안전하고 효과적인 술식임을 보고하였다.⁹ 국내에서도 2000년부터 복강경으로 시행되어 왔고,¹⁰ 대부분의 병원에서 최소침습수술로 시행되고 있다.

난소 낭종

난소 낭종은 태아기와 신생아기에 자주 발견된다. 저절로 없어지기도 하지만, 크기가 증가되면, 꼬임, 파열, 장 폐색, 출혈, 괴사 등이 발생하여 수술적 처치가 필요하다. 보통 직경 4 cm 이상에 대해서 적극적인 치료가 필요한데, 초음파 유도 흡입, 개복, 복강경 수술로 할 수 있다. 복강경은 진단 겸 치료 목적으로 시행될 수 있고, 다른 수술에 비해 복강경 수술에 대한 경험이 많지 않은 소아외과 의사도 쉽게 시행될 수 있다. 초음파 유도 하 흡입술이 복강경 수술보다 덜 침습적이나, 중복장이나 다른 장기의 낭종과의 감별이 쉽지 않아 잘못되면 장파열이나 낭종 파열로 인한 복막염이 발생할 수도 있다.¹¹ 국내에서도 2006년부터 시행한 신생아의 난소 낭종에 대한 복강경으로 흡입술, 꼬임풀기 등의 적극적인 치료를 보고한 바 있다.¹²

위바닥주름술

위바닥주름술은 복강경 수술이 표준수술로 이미 자리잡고 있는 분야로 소아에서는 국내에서도 2000년대 초반부터 시행되어 왔다.¹³ 대부분의 수술은 Nissen 식으로 시행되고 있으며, 많은 연구에서 식이 가능 시간과 재원 기간이 단축되고, 재발율이 개복술과 다르지 않음을 보고하였다.¹⁴

선천성 십이지장 폐색

처음으로 선천성 십이지장 폐색에 대해 복강경 수술이 성공한 것은 2001년이였다. 이후 문합부의 합병증이 많이 발생하여 복강경 술식이 개복술에 비해 좋지 않은 것으로 인식되어 왔으나, 최근 다수의 복강경 수술이 성공적이었음을 보고하기 시작하였고, 저자의 경험에 비추어 신생아 복강경 수술에 익숙한 소아외과 의사에게는 안전하게 시행될 수 있는 수술로 생각된다.^{15,16}

선천성 장회전 이상

신생아에서 장회전 이상에 대한 복강경 수술은 1995년이 처음이었고, 국내에서도 2002년 첫 복강경 Ladd 수술을 보고하였다.¹⁷ 초창기에는 중장염전이 있는 환자에서 복강경으로 전체 장을 다 살펴보는 것이 불가능하다고 생각하였기 때문에 중장염전이 없는 환자에게만 시행되었다.¹⁸ 최근에서 중장염전이 있는 환자들에게도 시행되기 시작하여, 생각보다 낮은 개복 전환율을 보고하였지만, 재발로 19% 정도에서 재수술하는 것이 문제로 남아있다.¹⁹

서혜부 탈장

소아에서 서혜부 탈장에 대한 복강경 수술은 국내에서도 매우 빠르게 증가하고 있다.²⁰ 개복술과 비교한 메타 분석과 무작위 대조시험에서 복강경 수술이 양측일 경우 수술 시간이 더 짧고, 반대측 탈장의 발견이 쉽다는 장점을 보고하였다.^{21,22}

쇄향

쇄향에 대한 수술은 1984년 Pena가 처음으로 시행한 posterior sagittal incision에 의한 수술이 30여년간 표준 수술이었다. 최근 들어 복강경 수술이 시도되어 그 치료 성적을 기다리고 있는 중이다. 총배설장 기형의 경우, 자궁이나 나팔관 등의 기형을 알아낼 수 있고, 쇄향이 직장 방광루(recto-bladder neck fistula)나 전립선 직장루(rectoprostatic fistula)가 있는 고위 쇄향의 경우 개복술을 피할 수 있는 장점이 있는 것으로 인정되고 있지만, 그것보다 하위 쇄향인 경우 그 장점에 대한 논란은 아직도 있다.²³

선천성 거대결장

복강경 보조하 내직장 pull through 수술이 1995년 시행된 이래, 안전하고 용이한 수술법으로 인정되어 왔다. 진단과 치료 목적으로 복강경이 도움이 된다. 복강경으로 정상적인 장이 어디까지 인지 확인하고, 조직검사를 할 수 있는 장점이 있고, 무신경절 장의 절제를 위해 골반하부의 직장의 박리에 유용하다. 국내에서의 설문조사에 의하면, 소아외과 의사들 중 조직검사는 29명(93.5%), 교정수술에 대해서는 28명(90.3%)가 최소침습수술로 시행하고 있거나, 추천한다고 답변하였다.²⁴

담관낭종

담관낭종에 대한 복강경 수술은 소아에서도 활발히 이루어지고 있는 영역이다. 국내에서는 안 등이 소아에 시행한 복강경 담관낭종 절제술을 보고한 이래,²⁵ 일부 병원에서는 대부분의 환자가 복강경이나 로봇수술로 시행되고 있다.²⁶

소아에서의 흉강경

소아에서의 흉강경은 복강경의 장점에 늑각근 절개등에 의한 어깨운동 손상, 늑골 융합, 척추측만증 등의 근골격계 휴유증을 줄일 수 있는 접근으로 흉강경 수술의 장점이 부각되어 왔다.

식도폐색: 처음으로 식도폐색에 대한 흉강경 수술이 성공한 것은 2002년이다. 초기에는 단폐 환기(single lung ventilation) 후 마취가 필요하다고 했으나, 시간이 많이 걸리고 성공하지 못하는 경우도 많아, 기관 용골(tracheal carina) 위에 기관내 삽관을 유지하고, 이산화탄소 통기만으로 우측폐를 수축시킨 후 수술한다.^{27,28} 국내에서의 설문조사에서도 최근 2년간 선천성 식도폐색 103예 중 18예 (17.5%)에서 흉강경으로 수술이 시행되고 있다.^{24,29}

선천성 횡격막탈장: 선천성 횡격막탈장은 흉강경과 복강경 양쪽 모두 접근하여 복원술이 시행될 수 있다. 흉강경 최소침습에 대한 논란은 신생아가 고탄산혈증과 산증에 민감하기 때문에 횡격막 탈장 신생아가 투입된 이산화탄소를 흡수하고, 흉곽의 압력을 높여 정맥 환류(venous return)와 일회 호흡량(tidal volume)을 제한할 수 있어 흉강경 수술이 폐 저형성, 폐고혈압이 동반된 환자들을 더 악화되게 할 수 있다는 우려가 제기되어 왔다.³⁰⁻³² 이와 더불어 재발율이 23~33% 정도에 이를 정도로 개복이나 개흉술에 비해 높은 것도 문제로 지적되고 있다.^{33,34}

국내 소아 최소침습수술의 현황

국내에서도 성인에 복강경이 도입된 후 약간의 시차를 두고 소아에서도 적용되기 시작하였지만, 신생아와 영아에 복강경이 도입되기 시작한 것은 2000년대 초반이다. 국내에서 시행되고 있는 소아외과 영역의 대한 최소침습수술의 현황을 알아보고자 시행한 2013년 대한소아외과학회 회원들을 대상으로 한 설문조사에 따르면,²⁴ 최소침습으로 시행하고 있는 비율이 70% 이상인 수술은 폐절제술, 담낭절제술, 충수절제술, 난소 수술, 위바닥주름술, 열공탈장 수술, 비장절제술 등이었다. 최소침습수술의 비율이 30~70% 사이인 수술로는 담관 낭종 수술, 선천성 거대결장 수술, 선천성 담도폐색에 대한 진단적 복강경술, 종격동 수술, 복부 양성종양 절제술, 유문근 절개술, 장중첩증 수술, 위루술, 유착박리술, 부신절제술, 간종양 절제술 등이었다. 전체 수술 중 최소침습수술의 비율이 30% 미만인 수술로는 선천성 횡격막 탈장 복원술, 식도 폐색 수술, 장회전이상에 대한 수술, 장절제 후 문합술, 서혜부 탈장, 쇄향 수술, 카사이 수술 등이었다.

신생아에 대한 최소침습수술도 최근 들어 획기적으로 증가하기 시작하여 2014년 대한소아외과학회 회원을 대상으로 2012년

과 2013년의 2년간 신생아 수술에 대한 전국 조사에 따르면, 선천성 소장폐색 수술 134예 중 22예(16.4%), 췌장수술 124예 중 10예(8.1%), 선천성 식도폐색 103예 중 18예(17.5%), 선천성 횡격막 탈장 75예 중 27예(36.0%)에서 최소침습수술로 시행되었다.³⁵

결론

20년 전부터 외과영역에 도입된 최소침습수술은 각 수술에 대한 견해와 시행 예에서의 차이는 있지만, 국내에서도 많은 소아 외과의사들에 의해 대부분의 영역에서 도입되어 시행되고 있다.

REFERENCES

- Bloom DA, Ayers JW, McGuire EJ. The role of laparoscopy in management of nonpalpable testes. *J Urol (Paris)* 1988;94:465-470.
- Holcomb GW, 3rd, Olsen DO, Sharp KW. Laparoscopic cholecystectomy in the pediatric patient. *J Pediatr Surg* 1991;26:1186-1190.
- Pier A, Gotz F, Bacher C. Laparoscopic appendectomy in 625 cases: from innovation to routine. *Surg Laparosc Endosc* 1991;1:8-13.
- Kalfa N, Allal H, Raux O, et al. Tolerance of laparoscopy and thoracoscopy in neonates. *Pediatrics* 2005;116:e785-791.
- Metzelder ML, Kuebler JF, Huber D, et al. Cardiovascular responses to prolonged carbon dioxide pneumoperitoneum in neonatal versus adolescent pigs. *Surg Endosc* 2010;24:670-674.
- Osthaus WA, Huber D, Beck C, et al. Correlation of oxygen delivery with central venous oxygen saturation, mean arterial pressure and heart rate in piglets. *Paediatr Anaesth* 2006;16:944-947.
- Oomen MW, Hoekstra LT, Bakx R, Heij HA. Learning curves for pediatric laparoscopy: how many operations are enough? The Amsterdam experience with laparoscopic pyloromyotomy. *Surg Endosc* 2010;24:1829-1833.
- Gomez Dammeier BH, Karanik E, Gluer S, et al. Anuria during pneumoperitoneum in infants and children: a prospective study. *J Pediatr Surg* 2005;40:1454-1458.
- Oomen MW, Hoekstra LT, Bakx R, Ubbink DT, Heij HA. Open versus laparoscopic pyloromyotomy for hypertrophic pyloric stenosis: a systematic review and meta-analysis focusing on major complications. *Surg Endosc* 2012;26:2104-2110.
- Lee JW, Kim DY, Kim SC, Namgoong JM, Hwang JH. Comparison of Pyloromyotomy with Supraumbilical Incision and Laparoscopic Pyloromyotomy for Hypertrophic Pyloric Stenosis Performed by a Single Surgeon. *J Korean Assoc Pediatr Surg* 2014;20:43-47.
- Puligandla PS, Laberge JM. Lethal outcome after percutaneous aspiration of a presumed ovarian cyst in a neonate. *Semin Pediatr Surg* 2009;18:119-121.
- Cho MJ, Kim DY, Kim SC. Ovarian Cyst Aspiration in the Neonate: Minimally Invasive Surgery. *J Pediatr Adolesc Gynecol* 2015;28:348-353.
- Nam SH, Kim DY, Kim SC, Kim IK. Laparoscopic Nissen Fundoplication in Children for Treatment of Gastroesophageal Reflux Disease. *J Korean Assoc Pediatr Surg* 2007;13:13-22.
- Siddiqui MR, Abdulaal Y, Nisar A, Ali H, Hasan F. A meta-analysis of outcomes after open and laparoscopic Nissen's fundoplication for gastro-oesophageal reflux disease in children. *Pediatr Surg Int* 2011;27:359-366.
- Li B, Chen WB, Zhou WY. Laparoscopic methods in the treatment of congenital duodenal obstruction for neonates. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2013;23:881-884.
- Choi JH, Kim DY, Namgung JM, Cho MJ. Laparoscopic versus open treatment of congenital duodenal obstruction in neonate. *Proceedings of the 62th International Conference of BAPS, Cardiff, Great Britain*; 2015. p. 77.
- Kim DY, Kim SC, Kim IK. Laparoscopic Ladd's Procedure in a Child with Malrotation. *J Korean Surg Soc* 2002;62:178-180.
- Hsiao M, Langer JC. Surgery for suspected rotation abnormality: selection of open vs laparoscopic surgery using a rational approach. *J Pediatr Surg* 2012;47:904-910.
- Hagendoorn J, Vieira-Travassos D, van der Zee D. Laparoscopic treatment of intestinal malrotation in neonates and infants: retrospective study. *Surg Endosc* 2011;25:217-220.
- Boo YJ, Han HJ, Ji WB, Lee JS. Laparoscopic hernia sac transection and intracorporeal ligation show very low recurrence rate in pediatric inguinal hernia. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2012;22:720-723.
- Yang C, Zhang H, Pu J, Mei H, Zheng L, Tong Q. Laparoscopic vs open herniorrhaphy in the management of pediatric inguinal hernia: a systemic review and meta-analysis. *J Pediatr Surg* 2011;46:1824-1834.
- Saranga Bharathi R, Arora M, Baskaran V. Pediatric inguinal hernia: laparoscopic versus open surgery. *JSLs* 2008;12:277-281.
- van der Zee DC, Dik P, Beek FJ. Laparoscopy-assisted anorectal pull-through in anorectal malformations: a reappraisal. *World J Surg* 2013;37:1934-1939.

- 24) Kim DY, Kim IS, Kim HY, et al. Minimal Invasive Surgery: A National Survey of Its Members by the Korean Association of Pediatric Surgeons. *J Korean Assoc Pediatr Surg* 2014;20:1-6.
- 25) Ahn SM, Jun JY, Lee WJ, et al. Laparoscopic total intracorporeal correction of choledochal cyst in pediatric population. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2009;19:683-686.
- 26) Chang EY, Hong YJ, Chang HK, Oh JT, Han SJ. Lessons and tips from the experience of pediatric robotic choledochal cyst resection. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2012;22:609-614.
- 27) Bax KN, van der Zee DC. The Thoracoscopic Approach to Esophageal Atresia with Distal Fistula. In: Bax KN, Georgeson KE, Rothenberg SS, Valla J-S, Yeung CK, editors. *Endoscopic surgery in infants and children*. Berlin; New York: Springer; 2008. p.199-205.
- 28) Rothenberg SS. Thoracoscopic repair of esophageal atresia and tracheo-esophageal fistula in neonates: evolution of a technique. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2012;22:195-199.
- 29) Lee S, Lee SK, Seo JM. Thoracoscopic repair of esophageal atresia with tracheoesophageal fistula: overcoming the learning curve. *J Pediatr Surg* 2014;49:1570-1572.
- 30) Clark RH, Hardin WD, Jr., Hirschl RB, et al. Current surgical management of congenital diaphragmatic hernia: a report from the Congenital Diaphragmatic Hernia Study Group. *J Pediatr Surg* 1998;33:1004-1009.
- 31) Tsao K, Lally PA, Lally KP. Minimally invasive repair of congenital diaphragmatic hernia. *J Pediatr Surg* 2011;46:1158-1164.
- 32) Pierro A. Hypercapnia and acidosis during the thoracoscopic repair of oesophageal atresia and congenital diaphragmatic hernia. *J Pediatr Surg* 2015;50:247-249.
- 33) Gander JW, Fisher JC, Gross ER, et al. Early recurrence of congenital diaphragmatic hernia is higher after thoracoscopic than open repair: a single institutional study. *J Pediatr Surg* 2011;46:1303-1308.
- 34) Keijzer R, van de Ven C, Vlot J, et al. Thoracoscopic repair in congenital diaphragmatic hernia: patching is safe and reduces the recurrence rate. *J Pediatr Surg* 2010;45:953-957.
- 35) Kim DY, Kim SC, Kim SH, et al. Newborns Surgery with Congenital Anomalies: A National Survey of Its Members by Korean Association of Pediatric Surgeons. *J Korean Assoc Pediatr Surg* 2016;22:1-5.