한국에서의 자연개구부 무흉터 내시경 수술

손대경

국립암센터 대장암센터

Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery in Korea

Dae Kyung Sohn, M.D., Ph.D.

Center for Colorectal Cancer, Research Institute and Hospital, National Cancer Center, Goyang, Korea

Natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) is the integration of laparoscopic minimally invasive surgical techniques with flexible endoscopy technology. Surgical treatment has been in constant evolution in the search for minimizing incisions, regardless of the complexity of the operation. NOTES represents another step in this ongoing progression toward less invasive procedures. The advantages of such an approach include reduced incisional pain, decreased wound complications, such as infections and hernias, improved cosmetic results, and potentially faster recovery and return to work. Until substantial improvement in NOTES instrumentation are made to optimize this approach, these procedures are likely to require laparoscopic assistance. Critics challenge the safety and advantages of this technique in the face of effective minimally invasive surgical options such as laparoscopic surgery. Here, we discuss the current NOTES status and techniques.

Keywords: Natural orifice endoscopic surgery, Minimally invasive surgical procedures, Endoscopy

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.

Received June 7, 2016

Accepted June 7, 2016

Corresponding author

Dae Kyung Sohn
Center for Colorectal Cancer,
Research Institute and Hospital,
National Cancer Center, 323 Ilsan-
ro, Ilsandong-gu, Goyang 10408,
Korea
Tel: +82-31-920-1636
Fax: +82-31-920-1289
E-mail: gsgsbal@ncc.re.kr

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

서론

자연개구부 무흉터 내시경수술(Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery; NOTES)은 복벽에 상처를 만들지 않고, 신체의 자연개구부(입, 항문, 질, 요로 등)를 통해 복강 내로 내시경 기구를 삽입하여 수술을 진행하는 방법으로서 복강경 또는 로봇 수술 등 기존의 최소침습수술법보다 더 진보된 형태의 첨단 수술법이라 할 수 있다. NOTES는 이론적으로 복벽에 흉터를 남기지 않으므로, 수술 후 생길 수 있는 상처부위 통증이나 창상감염, 탈장 등의 발생을 예방할 수 있고, 수술 후 입원 기간을 단축시킬 수 있는 장점을 가지며, 심지어 내시경과 같이 입

원이나 마취가 필요 없이 외래환자를 대상으로 시행할 수 있다는 가능성도 갖고 있다. 2004년 미국 존스홉킨스 병원 연구진에 의해 최초 보고 후 동물실험 모델을 통해 많은 복강 내 수술에의 적용이 시도되었으며, 다양한 수술 분야에서 적용될 수 있다는 가능성을 보였다.¹ NOTES는 내시경과 수술의 융합된 치료 기술을 사용함으로써, 외과 의사뿐 아니라 소화기내과 의사와 함께 산부인과, 비뇨기과 의사 등이 함께 참여하게 되며, NOTES 관련 기술 개발을 위해서는 의료계와 함께 공학자, 기업, 그리고 정부 차원의 지원과 협력이 반드시 필요한 분야이다.

이에 본 종설에서는 지금까지 진행된 NOTES 연구 활동을 살펴보고, 국내에서의 현황과 향후 전망에 대해 살펴보고자 한다.

국제 NOTES 현황

2000년대 초반 NOTES가 소개된 이 후, NOTES 연구 개발의 다학제적 접근을 위해 미국소화기내시경학회(American Society of Gastrointestinal Endoscopy; ASGE)와 미국내시경복강경외과학회(Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeon)는 2005년 NOSCART (Natural Orifice Surgery Consortium for Assessment and Research)를 결성하여 공동 연구에 대해 협력하기로 결의하였고, 함께 백서를 발간하였다.² 그들의 2006년 발간된 백서에서 NOTES의 용어를 정리하고, NOTES의 임상적용을 위해 선행되어야 할 필요한 기술을 1) 복강 내 접근 경로, 2) 위벽의 봉합 기술, 3) 감염의 예방, 4) 봉합 및 문합 기기, 5) 복강 내 위치 및 공간 파악 능력, 6) 다기능의 플랫폼 개발, 7) 복강 내 출혈 및 합병증에 대한 대처, 8) NOTES에 의한 생리학적 변화 등으로 정의하였다.² 또한 백서에서는 NOTES 연구를 위해서는 숙달된 치료내시경 의사와 복강경 외과 의사로 구성된 팀 위주의 연구 및 실험, 임상 적용 시에는 임상연구윤리위원회의 승인, 연구 성과에 대한 발표 및 정보 공유 등을 기준으로 제시하였다.² 비록 NOSCART 백서에서 언급된 NOTES에 대한 개념적 정의 이전에 부인과 영역에서는 여성의 질을 통한(Transvaginal approach) 난소절제술 등이 시행되었고, 복강경 수술 후 절제된 장기를 항문이나 여성의 질을 통해 회수하여 복벽 상처를 최소화하고자 하는 노력 등이 있었다.³ 하지만 NOSCART를 통해 대규모 연구비가 마련되고 다양한 연구가 체계적으로 진행되면서 NOTES에 대한 전 세계적인 관심이 집중되기 시작하였다. 실제로 NOSCART를 통해 400만불 이상의 기금을 모아 25개 연구기관에서 백서에서 언급된 NOTES관련 다양한 연구를 진행하도록 지원하였으며, 복강경과 NOTES 담낭절제술 비교 연구에 대한 다기관 임상연구 비용을 지원하기도 하였다.⁴

이러한 미국 NOSCART의 움직임에 맞춰 전 세계적으로 소화기내시경의사와 복강경외과의를 중심으로 NOTES 모임이 결성되기 시작하였으며, Euro-NOTES, South-America NOTES, Asia NOTES 등이 결성되었다. 또한 일본에서도 일본복강경외과학회 대표와 일본소화기내시경학회 대표가 함께 2007년 Japan-NOTES (J-NOTES)를 결성하여 NOTES관련 공동 연구를 진행하였다. 특히 독일에서는 Deutsche NOTES group (D-NOTES)을 결성하여 다기관 NOTES 등록시스템을 마련하였고, 이를 통해 등록된 대규모 임상 자료를 발표하여 많은 주목을 받기도 하였다.⁵

국내 NOTES 현황

국내에서 발표된 NOTES 관련 연구 결과를 살펴보면, 2007년 김 등⁶이 충남대학교 의과대학 외과학교실과 수의과대학이 함께 개 모델을 통한 복강 내 검사에 대한 연구 보고를 시작으로 2008년 손 등⁷이 시행한 돼지모델에서의 경대장 담낭절제술 생존 모델 실험을 보고하였고, 2008년 조 등⁸이 개와 돼지 모델을 통한 경위 담낭절제술을 국내논문에 게재하였다. 이 후 김 등⁹이 NOTES의 접근경로에 대한 연구 등을 발표하면서 NOTES에 대한 관심이 증가하게 되었고, 정 등¹⁰이 하이브리드 NOTES를 통한 신장절제술 증례를 발표하였으며, 이 등¹¹이 개 모델에서 경위 장절제술을 발표하였다. NOTES에 대한 임상증례로는 박 등¹²이 진행성대장암에 동반된 조기위암을 하이브리드 NOTES로 치료한 증례, 2010년 신 등¹³이 여성에서 질을 통한 충수돌기절제술 증례, 이 등¹⁴이 의식하진정내시경 중 시행한 경위 복강내검사에 대한 증례를 발표하였으며, 조 등¹⁵은 조기위암의 치료에 하이브리드 NOTES를 적용하여 내시경적 위전층절제술과 복강경하 림프절절제술에 대한 치료성과에 대한 전향적 연구 결과를 발표하였다.

국내에서의 NOTES 학회 기원을 보면, 2007년 7월 대한내시경복강경외과학회의 대장항문외과의사 중심으로 미국 보스턴에서 개최된 제2회 International NOTES conference에 적극적으로 참가하게 되며, 2007년 8월 이들을 중심으로 삼성서울병원에서 Korean NOTES Study Group을 결성하게 된다. 이들은 2007년과 2009년까지 삼성서울병원과 경북대학교병원을 오가며 총 4회의 NOTES 동물실험을 성공적으로 진행하며 국내 NOTES 연구의 선구자적 역할을 담당하였다. 이와 비슷한 시기인 2009년 대한소화기내시경학회에서도 NOTES연구회를 결성하게 되며, 2010년 4월 서울아산병원, 6월 전남대병원, 11월 강원대학교 등에서 NOTES 동물실험 워크숍을 성황리에 진행하였다.

국내 NOTES 연구의 다학제적 접근을 위한 노력은 2009년 12월 국립암센터에서 최초로 외과의사, 소화기내과 의사, 공학자 등이 함께 참여하는 NOTES 심포지엄을 개최하였으며, 2010년 2월 카이스트에서도 다양한 학문 분야의 연구자들이 참여하는 국제 NOTES 워크숍을 개최하였다. 2010년 4월 개최된 대한내시경복강경외과학회 학술대회 및 국제심포지엄에서는 미국 NOSCART 회장인 MGH의 David Rattner교수를 초빙하여 내과-외과가 함께 모여 연구하는 학회 구성을 위한 실제적인 조언을 듣기도 하였다. 2010년 10월 대한소화기내시경학회 주체의 NOTES심포지엄에서도 외과의사와 공학자들이 함께 참여하는 프로그램을 기획하여 진행하였다.

2010년 11월 대한내시경복강경외과학회에서도 NOTES연구

회를 조직하여 소화기내시경학회 조직에 함께 대응하였으며, 이러한 노력의 결과로 2010년 12월 대한소화기내시경학회와 대한내시경복강경외과학회 NOTES연구회가 함께 하는 ‘대한무흉터 내시경수술연구회(Korean NOTES Society; K-NOTES)’를 조직하기로 결의하게 된다. K-NOTES는 양측 모 학회의 지원 하에 2011년 2월 공식적으로 창립총회를 개최하였으며, K-NOTES의 역할로서 다음과 같은 내용을 정리하여 공표하였다. 1) 한글 NOTES용어 정리, 2) NOTES 동물실험 가이드라인 제안, 3) NOTES 임상시험을 위한 중앙임상시험심의위원회로서 자문 역할, 4) NOTES 등록사업, 5) NOTES기기 개발, 6) NOTES관련 국제협력사업 등.

이 후 2011년 7월 미국에서 개최된 세계 NOTES 학회에서 K-NOTES의 설립을 알리고, 한국에서의 NOTES 연구활동에 대해 발표하기도 하였다. 2011년 9월에는 서울대학교병원 암 연구소 강당에서 제 2회 K-NOTES 심포지엄을 개최하였으며, 2011년 11월 카이스트에서 ‘NOTES 의료용 로봇 플랫폼 개발’을 주제로 K-NOTES 세미나를 주최하였다. 당시 세미나에서는 NOTES 임상 적용을 위해 필요한 기술을 procedure 단계별로 정의하고, 내과-외과-공학자가 함께 주제별 소그룹을 결성하여 공동으로 기술 개발 계획서를 준비하였다.

당시에 논의되었던 NOTES 임상적용을 위해 필요한 기술 내용을 정리해 보면 다음과 같다.

오버튜브(overtube)

NOTES를 위해서 오버튜브 형태의 새로운 플랫폼(platform)이 반드시 필요하며, 이를 통해 기구 등의 교환이나 재삽입의 편리성을 위한 통로를 확보하고, 시술 시 일정 압력을 유지하고 모니터링 할 수 있다. 복강 내 진입 후 내시경의 단축을 위한 ‘풍선 보조 단축(Balloon-assisted shortening)’ 기능과 시술 시 고정을 위한 ‘형상 고정(Shape-lock)’ 기능 등이 필요할 수 있다.

위벽 절개 및 봉합(opening & closure)

현재는 전기수술용 나이프(Electrosurgical knife)를 이용한 절개창의 형성 및 풍선 확장(balloon dilation)을 이용하여 필요한 크기로 절개창을 넓히는 방법이 널리 사용되고 있으나, 항 후 외부장기 손상에 대한 위험을 최소화하기 위하여 전기수술용 나이프의 첨단부에 초음파 장치 등을 장착하여 위벽 바깥쪽 장기의 위치를 실시간으로 모니터링하며 절개하는 장치의 개발이 필요하다. 봉합 기술은 현재 다양한 방법이 개발되고 있으며, 보다 쉽고 안전하게 봉합할 수 있도록 스테플러(stapler) 형식의 봉합 장치가 필요하다.

결찰(ligation)

혈관이나 관(duct)을 직접 결찰하기 위하여 클립이나 실을 이용하여 되는데, NOTES 시술 시에는 사용할 수 있는 클립의 크기가 작아져 큰 혈관에는 사용할 수 없으며, 실 등을 직접 이용하는 경우에는 작은 구멍을 통해 결찰 작업을 진행해야 하기 때문에 작업이 매우 복잡해질 수 있다. 따라서 혈관 등을 결찰하기 위하여 혈관 주변으로 실이 돌아가서 루프를 스스로 형성할 수 있는 새로운 개념의 장치의 개발이 필요하다.

시뮬레이션(simulator)과 네비게이션(navigation)

3차원 영상가시화 툴과 3차원 혈관조영 증강된 자기공명 단층촬영 영상(MRI) 등을 이용한 혈관 및 주요 장기에서의 자동 회피 기술 및 변형가능하며, 위치 등의 정확도를 높인 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

견인(traction)

기존 장비들은 대상 수술 시행 사례가 제한적이거나, 특정 장기에 적합한 특성화된 개발이 부족하며, 항 후 부착부와 조각부 사이의 적절한 자기력의 설계와 임상적 평가가 필요하다.

절제 및 응고(cutting & coagulation)

현재 전자기적 에너지를 이용한 단극성(monopolar) 혹은 양극성(bipolar) 방식의 장비들이 사용되고 있으며, NOTES를 위해서는 양극성(bipolar) 방식의 전기수술기가 더욱 안정적이며 적합한 장비로 생각된다.

이 후 이러한 연구 개발 및 성과 공유를 위하여 매년 1회 이상의 심포지엄과 워크숍을 개최하며 국내 NOTES 연구 역량을 키우고 있으며, 다양한 학문 분야의 연구자들과 협력 연구를 진행하고 있다. 2014년에는 K-NOTES 연구자들과의 공동 연구를 통해 경향문 접근에 의한 내시경적 수술법에 대한 연구 결과를 발표하기도 하였다.¹⁶⁾

결 론

지금까지의 NOTES 경험을 살펴보면 가장 많이 시행된 여성에서 질을 통한 담낭 절제술은 어느 정도의 안전성 및 타당성이 증명되었다고 할 수 있겠으나, NOTES 담낭절제술이 현재 많이 시행되고 있는 단일공 수술법(Single-port surgery)이나 복강경

수술법 등에 비해 어떤 장점을 가지고 있는지에 대해서 향 후 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

NOTES 수술법이 장점을 가질 수 있어 각광을 받고 있는 분야는 직장암에서 항문을 통한 직장절제술(Transanal total mesorectal excision)과 식도 협착이나 무이완증(achalasia)에 사용될 수 있는 내시경적 근육절개술(Peroral endoscopic myotomy; POEM) 등이다. 경항문 직장절제술의 경우 직선화된 복강경 수술 도구로는 접근이 어려운 골반 낮은 부위에의 접근 및 시야 확보가 상대적으로 용이하다는 장점을 갖고 있으며, 절제되는 장기에 절개창을 만든다는 점에서 NOTES의 윤리적인 문제도 극복될 수 있을 것이다.¹⁷⁻¹⁹ 비록 아직까지는 경항문수술을 위한 다양한 수술도구가 개발되어 있지 않고, 많은 경험이 축적되지 않았기 때문에 복강 내의 수술은 복강경의 보조 하에 진행되고 있지만, 향 후 굴절이 가능하거나 연성 조절이 가능한 카메라 시스템 및 수술 기구가 개발된다면 항문을 통해 다양한 복강 내 수술이 가능할 것으로 기대된다. 또한 POEM의 경우 현재까지의 적응 증은 매우 협소하지만, 개흉 수술과 같은 큰 수술 없이도 좋은 치료 효과를 기대할 수 있다는 큰 장점 때문에 전 세계적으로 빠르게 시술이 확산되고 있다.^{20,21} 내시경을 이용한 근층 절개술은 림프절 전이를 보이지 않는 조기 위암이나 GIST와 같은 종양의 내시경적 절제술에 적용될 수 있어 향 후 치료기기의 발전과 함께 더욱 확산될 것으로 기대되고 있다.

국내에서도 NOTES 담낭절제술은 많은 의사들에게 크게 관심을 받지 못했으나, 경항문 직장절제술과 내시경 근층 또는 전층 절제술의 경우 활발하게 시행되며, 그 적응증을 확대해 가고 있는 중이다. 이와 함께 K-NOTES는 2015년 2월 새로운 집행부를 중심으로 학회를 새롭게 정비하여 교육-연구 분야에 더욱 집중하기로 하고, 향 후 국내 NOTES의 저변 확산, NOTES 관련 연구 개발 및 임상 적용 확대를 위해 지속적인 노력을 하고 있다.

REFERENCES

- 1) Kalloo AN, Singh VK, Jagannath SB, et al. Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. *Gastrointest Endosc* 2004;60:114-117.
- 2) Rattner D. Introduction to NOTES White Paper. *Surg Endosc* 2006;20:185.
- 3) Boni L, Tenconi S, Beretta P, et al. Laparoscopic colorectal resections with transvaginal specimen extraction for severe endometriosis. *Surg Oncol* 2007;16 Suppl 1:S157-160.
- 4) Rattner DW, Smith CD. 25(th) Anniversary State-of-the-Art Expert Discussion With David W. Rattner, MD, on NOTES. *J Laparosc Adv Surg Tech A* 2015;25:961-965.
- 5) Lehmann KS, Ritz JP, Wibmer A, et al. The German registry for natural orifice transluminal endoscopic surgery: report of the first 551 patients. *Ann Surg* 2010;252:263-270.
- 6) Kim YS, Kim CY, Chun HJ. Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (NOTES). *Korean J Gastroenterol* 2008;51:154-158.
- 7) Sohn DK, Jeong SY, Cho YB, et al. The First Transcolonic Cholecystectomy in Korea: A NOTES Survival Study in an Animal Model. *J Korean Surg Soc* 2008;75:64-69.
- 8) Cho WY, Kim JO, Cho JY, et al. 4 Cases of Transgastric Endoscopic Cholecystectomy in Canine and Porcine Models. *Korean J Gastrointest Endosc* 2008;37:151-155.
- 9) Kim CY, Chun HJ, Kim JY, et al. Accessibility of peritoneal organs according to the routes of approach in NOTES. *Korean J Gastroenterol* 2008;52:281-285.
- 10) Jeong W, Jeon HG, Yu HS, et al. Embryonic-Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery Nephrectomy. *Korean J Urol* 2009;50:609-612.
- 11) Lee SI, Park JH, Park CW, Kim YI, Jeong SM, Kim JY. Transgastric cecectomy in canine models: natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES). *Surg Endosc* 2010;24:2387-2392.
- 12) Park S, Chun HJ, Keum B, et al. Successful hybrid NOTES resection of early gastric cancer in a patient with concomitant advanced colon cancer. *Endoscopy* 2010;42 Suppl 2:E1-2.
- 13) Shin EJ, Jeong GA, Jung JC, et al. Transvaginal endoscopic appendectomy. *J Korean Soc Coloproctol* 2010;26:429-432.
- 14) Lee CK, Lee SH, Chung IK, et al. Human diagnostic transgastric peritoneoscopy with the submucosal tunnel technique performed with the patient under conscious sedation (with video). *Gastrointest Endosc* 2010;72:889-891.
- 15) Cho WY, Kim YJ, Cho JY, et al. Hybrid natural orifice transluminal endoscopic surgery: endoscopic full-thickness resection of early gastric cancer and laparoscopic regional lymph node dissection--14 human cases. *Endoscopy* 2011;43:134-139.
- 16) Park SJ, Sohn DK, Chang TY, et al. Transanal natural orifice transluminal endoscopic surgery total mesorectal excision in animal models: endoscopic inferior mesenteric artery dissection made easier by a retroperitoneal approach. *Ann Surg Treat Res* 2014;87:1-4.
- 17) Sohn DK, Turner BG, Gee DW, et al. Reducing the unexpectedly high rate of injuries caused by NOTES gastrotomy creation. *Surg*

Endosc 2010;24:277–282.

- 18) Sylla P, Willingham FF, Sohn DK, Gee D, Brugge WR, Rattner DW. NOTES rectosigmoid resection using transanal endoscopic microsurgery (TEM) with transgastric endoscopic assistance: a pilot study in swine. *J Gastrointest Surg* 2008;12:1717–1723.
- 19) Telem DA, Han KS, Kim MC, et al. Transanal rectosigmoid resection via natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) with total mesorectal excision in a large human cadaver series. *Surg Endosc* 2013;27:74–80.
- 20) Inoue H, Minami H, Kobayashi Y, et al. Peroral endoscopic myotomy (POEM) for esophageal achalasia. *Endoscopy* 2010;42:265–271.
- 21) Inoue H, Santi EG, Onimaru M, Kudo SE. Submucosal endoscopy: from ESD to POEM and beyond. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2014;24:257–264.