

NOTES

국립암센터

손대경

서론

2004년 Kalloo 등이 내시경으로 위벽을 천공 후 복강내 장기를 관찰하는 방법이 보고된 후 최근 활발히 진행되고 있는 NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery)는 신체의 자연개구부(입, 항문, 질, 요로 등)를 통해 복강내로 기구를 삽입하여 복강내 수술을 진행하는 방법으로 이상적으로는 신체에 흉터를 남기지 않으므로(무흉터수술법), 수술 후 생길 수 있는 상처부위 통증, 창상감염, 탈장 등을 예방할 수 있고, 수술 후 입원 기간을 단축시킬 수 있는 장점을 갖는다. 2006년 Rattner 등은 NOTES연구를 위한 ASGE/SAGES working group (Natural Orifice Surgery Consortium for Assessment and Research; NOSCAR)을 조직하여 백서를 발간하였으며, NOTES 임상 적용을 위해 해결해야 할 과제로서 다음과 같은 내용을 제시하였다.

- 1) 복강내 진입경로
- 2) 위 또는 장벽의 봉합
- 3) 감염 예방
- 4) 봉합기구의 개발
- 5) 문합기구의 개발
- 6) 내시경화면을 통한 복강내 구조의 이해 및 시야 확보
- 7) 플랫폼(Platform)의 개발
- 8) 복강내 출혈 및 합병증 대처 방법
- 9) 복강내 생리학적 변화 (복압의 조절)
- 10) 교육 및 훈련방법

이 후 많은 선구적 연구자들이 위의 문제를 해결을 위해 다양한 실험을 진행하고 기기개발에 착수하였으며, 일부에서는 조심스럽게 임상 적용이 이루어지기 시작했다. 최초의 NOTES임상적용 증례는 인도의 Rao와 Reddy 등에 의해 이루어졌으며, 이들은 심한 화상으로 인해 복벽을 통한 수술이 어려운 환자에서 Transgastric appendectomy를 flexible endoscopy만으로 시행하여 성공하였다. 하지만 이 증례에서 이들은 위벽 천공 부위를 내시경용 클립만으로 봉합하는 방법을 사용하였으며, 이러한 방법은 아직 학문적으로 검증되지 않은 수술 방법을 임상시험윤리위원회(IRB)의 승인 없이 행해졌다는 비판을 받았으며, 이 후 NOTES의 임상 적용을 위한 원칙을 만들어야 한다는 논란을 불러일으키기도 하였다. 이후 IRB승인을 통해 정식 보고가 가능하였던 최초의 NOTES증례는 2007년 프랑스의 Marescaux 등에 의해 행해졌으며, 감염의 예방이나 절개 후 봉합이 유리한 질을 통해 30세 여성환자에게서 담낭절제술을 성공적으로 시행하여 보고하였다. 역시 2007년 미국의 Marks 등은 경피적 위루술 시행 후 3일만에

관이 빠진 환자에서 위내시경으로 위벽의 천공부위를 통해 복강내로 진입하여 복벽의 절개창을 찾아 위루를 성공적으로 복원한 결과를 보고하였다. 이 후 브라질 및 인도 등에서는 다양하게 NOTES의 임상적용이 이루어졌으며, 유럽 및 미국 등에서도 안전성 확보를 위해 복벽에 복강경용 포트를 1~2개 설치하는 조건으로 NOTES의 임상 적용이 조심스럽게 이루어지고 있다. 2009년에는 브라질의 Zorron 등에 의해 진행되고 있는 다국적 다기관 NOTES 임상시험의 초기결과가 발표되어 많은 관심을 불러일으키기도 하였으며, 미국에서 진행될 전향적 다기관 공동 임상연구의 계획이 소개되기도 하였다.

그렇다면 과연 NOTES의 안전성은 확보된 것이며, 임상의 다양한 수술에 적용될 수 있을 것인가? 본문에서는 2006년 NOSCAB에서 제시한 NOTES 임상 적용을 위해 해결해야 할 과제 중 진입경로의 선택 및 위 또는 장벽의 봉합, 그리고 플랫폼 및 기기의 개발 등을 살펴보고 현재 문제점과 해결 방법 등에 대해 살펴보도록 하겠다.

본론

1. 복강 내 진입경로의 선택

수술을 위해 복강 내로 진입하기 위한 자연개구부는 입, 항문, 질, 요로 등이 있다. 입을 통해서 위를 절개하고 복강 내로 진입이 가능하나, 가장 큰 문제점은 수술 중 위액의 누출과 수술 후 위벽 절개창의 봉합이 어렵다는 점이 가장 큰 문제점으로 들 수 있다. 또한 위벽에 절개창을 만드는 동안 생길 수 있는 주변장기 손상 등의 합병증도 약 13%로 보고되었으며, 위를 통한 복강 내 진입 시 간 및 담낭 등으로의 접근이 원할 하지 않은 점 등도 위를 통한 수술이 일반화되기 어려운 이유가 되고 있다. 항문을 통해서 직장 및 결장 벽의 절개를 통해 복강 내로 진입이 가능하나, 가장 큰 문제점은 복강 내 감염의 위험성이다. 하지만, 항문을 통한 접근의 경우 대장수술 등에서 큰 장점을 보여 활발히 연구되고 있으며, 2007년 Whiteford 등은 경항문내시경미세수술(Transanal Endoscopic Microsurgery; TEM)을 이용하여 항문을 통해 직장을 절제하고, TEM 기구를 복강내로 진입시켜 에스결장절제술을 시행하였다. 이후 2008년 Sylla 등은 TEM을 이용한 직장의 박리 후에 transgastric approach를 통해 추가적인 에스결장의 절제가 가능하다는 것을 보고하였다. 질을 통한 진입은 질 전벽 또는 후벽을 절개하고 오버튜브나 트로카 등을 위치시켜 경로를 유지하며, 시술 후 절개부위의 봉합이 쉽다는 점과 복강 내 감염의 위험성이 적다는 장점이 많아 실제 임상에서도 많이 적용되고 있으나, 여성에서만 적용될 수 있다는 점이 가장 큰 제한점이며, 직장 및 자궁 손상 등의 위험성도 알려지고 있으므로 조심스러운 적용이 필요하다. 요로를 통한 접근의 경우 동물실험을 통해 일부 비뇨기계 수술의 가능성을 보였으나, 좁은 내강을 갖는 요로의 해부학적 한계상 복강 내 수술을 위해 사용되는 NOTE진입로로 일반화되기는 힘들 것이다.

2. 위 또는 장벽의 봉합

내시경 기기 등이 복강 내로 진입하게 위한 위 또는 장벽의 절개창은 기존의 개복 수술이나 복강경 수술과 다르게 NOTES를 위해 인위적으로 만들어진 것이므로 반드시 안전하게 봉합되어야 할 필요성이 있다. 하지만 이러한 인식 및 많은 노력에도 불구하고 절개창의 안전하고 간편한 봉합 방법은 아직 개발되지 못하였다. 현재 사용되고 있는 절개창의 봉합 방법은 내시경용 클립, T-tag system, Eagle Claw, G-prox 등이 있다. 내시경용 클립은 적용하기 쉽다는 장점을 갖고 있으나, 위벽 전층의 봉합이 아닌 점막 및 점막하층의 접합 기능만을 한다는 약점이 있어 문합부 누출이라는 치명적인 위험성을 갖

는다. 위벽을 절개시 점막하 터널을 길게 만들 경우 수술 후 내시경용 클립만으로 위절개창을 닫는데 충분하다는 주장도 있으나, 보다 안전한 봉합 기구의 개발이 필수적이라는 의견 하에 다양한 기기가 개발되고 있다. T-tag system, Eagle Claw, G-prox 등은 위벽의 전층을 봉합할 수 있다는 장점을 갖고 있으나, 아직까지는 그 사용법이 쉽지 않고 해결해야 할 문제점이 많이 있는 것으로 지적되고 있다. 식도정맥류 출혈시 지혈목적으로 고안된 OTSC clip 또한 위벽의 절개창을 닫는데 사용이 편리하고 효과적이었다는 보고가 있으나, 아직은 클립의 크기가 작아 위벽 절개창의 전층을 봉합하는데는 무리가 있어 향후 임상적용을 위해서는 추가적인 개선이 필요할 것이다.

3. 플랫폼 및 기기의 개발

NOTES의 개념이 형성되면서 몇몇 선구적인 그룹에서 동물실험 등을 진행하였을 때 가장 먼저 닥친 문제는 복강내 수술에 익숙치 않은 소화기내과 의사와 치료내시경에 익숙치 않은 외과 의사의 만남을 어떻게 극복하는가 하는 점이었다. 이러한 어색함을 극복하기 위해 ASGE/SAGES working group에서는 NOTES 적용에 있어 team approach를 강조하였으며, 이 후 유럽 및 아시아 등에서도 소화기내과 의사와 외과 의사의 공동연구 그룹이 결성되었다. 하지만 복강내 다양한 수술을 위해서는 한 방향으로만 견인 및 절개가 가능한 내시경의 움직임에는 한계가 있었으며, 복강내에서 내시경을 받치고 지지할만한 구조물이 없다는 점도 커다란 문제점으로 지적되었다. 이러한 연성내시경을 이용한 수술의 한계를 극복하기 위해 NOTES용 플랫폼의 개발이 다양하게 진행되었으며, 정도조절에 의해 내시경을 지지하며, 여러 개의 기기 삽입이 가능토록 많은 채널을 가진 플랫폼이 개발되고 있다. 한편 연성내시경만으로는 기존의 수술을 대체할 수 없다고 의견이 생기면서 기다란 로봇팔을 응용한 수술기구의 개발이나 미니 로봇을 이용한 수술법 등 또한 개발되고 있다. 현재 가장 각광받고 있는 기기는 기존의 내시경 선단부 끝에서 양팔이 분리되어 독립적으로 운동 기능을 갖는 올림푸사의 Endo-Samurai[®]이다. 초기에는 치료내시경 점막하박리술의 시행시 견인 목적의 arm을 갖는 형태로 고안되었으나, 이 후 NOTES용으로 양팔이 분리되어 움직임을 갖는 형태로 개선이 진행되었다. 아직까지는 미세한 조작이 어렵고, 내시경의 조작에 의해 카메라 및 양팔이 함께 움직이는 등의 문제점 등을 보이고 있어 향후 이러한 점이 개선되어야 실제 임상 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

내시경의 조작에 따라 내시경용 기구가 모두 함께 움직이는 문제점을 해결하기 위해 다양한 방법이 시도되고 있다. 대표적으로 위벽과 질벽 또는 대장벽의 천공의 통해 두 개의 내시경을 위아래 양쪽에서 복강 내로 삽입하여 수술을 진행할 경우 이러한 문제점을 극복할 수 있으나, 앞서 언급한 위벽 및 장벽의 절개창을 봉합하는 기술이 미비한 상태에서 두 곳의 절개창을 만드는 것이 합병증을 증가시킬 수 있다는 비판을 피하기는 힘들 것으로 생각된다. 새로운 아이디어로서 자기장을 이용한 조직의 견인 방법이 다양하게 연구되고 있다. 강한 체외 자기장을 통해 복강 내 조직에 부착시킨 금속 클립 등의 움직임을 제어할 수 있고, 조직의 박리시 자기장을 이용하여 수술부위 시야를 확보하고 조직을 견인하는 방법이 성공적으로 보고되었으며, 최근에는 자기장의 변화를 통하여 복강 내 삽입된 미니 로봇의 운동을 조절이 가능하다는 것도 보고되어 주목을 받기도 하였다.

결론

지금까지 간단하게나마 NOTES 임상 적용을 위해 해결해야 할 과제 중 진입경로의 선택 및 위 또는 장벽의 봉합, 그리고 플랫폼 및 기기의 개발 등을 살펴보았다. 혹자는 이런 질문을 던지고 있다.

“NOTES가 언제 임상에 적용될 수 있을까요?” “NOTES가 기존의 복강경 수술을 대신할 수 있을까요?”. NOTES 연구가 다양하게 진행되기 전까지 많은 외과의사, 그 중에 복강경 외과의사들도 single port surgery에 관심을 보이지 않았다. NOTES에 많은 사람들이 관심을 보이며, 기존의 복강경 수술보다 더 작은 incision과 더 작은 scar를 위한 노력이 single port surgery의 개발을 앞당겼으며, 현재는 많은 의사뿐 아니라 과학자들이 모여 덩치 큰 로봇이 아닌 미니 로봇과 그의 제어 기술에 관심을 쏟아 넣고 있다. NOTES란 새로운 기술이며, 기존의 수술을 대신하는 신개념이라는 생각대신, NOTES의 임상적용을 고민하며, 그에 관한 다양한 연구를 통해 우리가 얻고자 하는 것은 의료기술의 개발과 그에 따른 수술의 질 향상, 그리고 환자의 삶의 질 향상이라는 커다란 명제임을 강조하고 싶다.

참고문헌

1. Auyang ED, Hungness ES, Vaziri K, Martin JA, Soper NJ. Human NOTES cholecystectomy: transgastric hybrid technique. *J Gastrointest Surg* 2009;13:1149-50.
2. Denk PM, Swannstrom LL, Whiteford MH. Transanal endoscopic microsurgical platform for natural orifice surgery. *Gastrointest Endosc* 2008;68:954-9.
3. Hu B, Chung SC, Sun LC, Kawashima K, Yamamoto T, Cotton PB, Gostout CJ, Hawes RH, Kalloo AN, Kantsevov SV, Pasricha PJ. Eagle Claw II: A novel endosuture device that uses a curved needle for major arterial bleeding: a bench study. *Gastrointest Endosc* 2005;62:266-70.
4. Kalloo AN, Singh VK, Jagannath SB, Niiyama H, Hill SL, Vaughn CA, Magee CA, Kantsevov SV. Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. *Gastrointest Endosc* 2004;60:114-7.
5. Kantsevov SV, Jagannath SB, Niiyama H, Chung SS, Cotton PB, Gostout CJ, Hawes RH, Pasricha PJ, Magee CA, Vaughn CA, Barlow D, Shimonaka H, Kalloo AN. Endoscopic gastrojejunostomy with survival in a porcine model. *Gastrointest Endosc* 2005;62:287-92.
6. Kantsevov SV, Jagannath SB, Niiyama H, Isakovich NV, Chung SS, Cotton PB, Gostout CJ, Hawes RH, Pasricha PJ, Kalloo AN. A novel safe approach to the peritoneal cavity for per-oral transgastric endoscopic procedures. *Gastrointest Endosc* 2007;65:497-500.
7. Marescaux J, Dallemagne B, Perretta S, Wattiez A, Mutter D, Coumaros D. Surgery without scars: report of transluminal cholecystectomy in a human being. *Arch Surg* 2007;142:823-6; discussion 826-7.
8. Marks JM, Ponsky JL, Pearl JP, McGee MF. PEG "Rescue": a practical NOTES technique. *Surg Endosc* 2007;21:816-9.
9. McGee MF, Marks JM, Onders RP, Chak A, Rosen MJ, Williams CP, Jin J, Schomisch SJ, Ponsky JL. Infectious implications in the porcine model of natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) with PEG-tube closure: a quantitative bacteriologic study. *Gastrointest Endosc* 2008;68:310-8.
10. Pearl JP, Ponsky JL. Natural orifice transluminal endoscopic surgery: a critical review. *J Gastrointest Surg* 2008;12:1293-300.
11. Rao GV, Reddy DN, Banerjee R. NOTES: human experience. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2008;18:361-70; x.
12. Rattner D, Kalloo A. ASGE/SAGES Working Group on Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery. October 2005. *Surg Endosc* 2006;20:329-33.
13. Rattner DW. NOTES: Where have we been and where are we going? *Surg Endosc* 2008;22:1143-5.
14. Rattner DW, Hawes R. What is NOscar? *Gastrointest Endosc* 2007;66:11-2.
15. Reddy DN, Rao GV. Transgastric approach to the peritoneal cavity: are we on the right track? *Gastrointest Endosc* 2007;65:501-2.

16. Ryou M, Fong DG, Pai RD, Rattner DW, Thompson CC. Transluminal closure for NOTES: an ex vivo study comparing leak pressures of various gastrotomy and colotomy closure modalities. *Endoscopy* 2008;40:432-6.
17. Ryou M, Pai RD, Sauer JS, Rattner DW, Thompson CC. Evaluating an optimal gastric closure method for transgastric surgery. *Surg Endosc* 2007;21:677-80.
18. Swain P. The ShapeLock system adapted to intragastric and transgastric surgery. *Endoscopy* 2007;39:466-70.
19. Swain P. NOTES and anastomosis. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2008;18:261-77; viii.
20. 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;12:1717-23.
21. Whiteford MH, Denk PM, Swanstrom LL. Feasibility of radical sigmoid colectomy performed as natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) using transanal endoscopic microsurgery. *Surg Endosc* 2007;21:1870-4.
22. Willingham FF, Gee DW, Lauwers GY, Brugge WR, Rattner DW. Natural orifice transesophageal mediastinoscopy and thoracoscopy. *Surg Endosc* 2008;22:1042-7.
23. Zorron R, Filgueiras M, Maggioni LC, Pombo L, Lopes Carvalho G, Lacerda Oliveira A. NOTES. Transvaginal cholecystectomy: report of the first case. *Surg Innov* 2007;14:279-83.