



## 갑상선 수술에서 단일공 로봇의 적용

이진춘<sup>1,2,3\*</sup> · 이민형<sup>1,2,3\*</sup> · 성의숙<sup>1,2,3</sup>

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실,<sup>1</sup>  
양산부산대학교병원 이비인후과,<sup>2</sup>  
양산부산대학교병원 의생명융합연구원<sup>3</sup>

### Application of Single Port Robotic System in Thyroid Surgery

Jin-Choon Lee<sup>1,2,3\*</sup>, Minhyung Lee<sup>1,2,3\*</sup>, Eui-Suk Sung<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Pusan National University School of Medicine, Busan, Korea

<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

<sup>3</sup>Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

#### ABSTRACT

This study explores the application and feasibility of the single-port (SP) robotic system in thyroid surgery, focusing on transoral, retroauricular, and transaxillary approaches. The system, equipped with arms and a stereoscopic endoscope, enables effective operations even within limited spaces through a SP. The transoral approach eliminates external scars, providing excellent cosmetic outcomes, while the retroauricular approach minimizes neck scars and optimizes workspace efficiency. The transaxillary approach offers a broader surgical field but presents limitations in specific patient groups. This paper highlights the strengths and weaknesses of each approach and demonstrates the clinical potential of the SP robotic system in thyroid surgery, emphasizing its efficiency and safety.

**KEY WORDS:** Thyroidectomy; Single-port robotic system; Transoral approach; Retroauricular approach; Transaxillary approach.

#### 서론

갑상선암은 전 세계적으로 발생률이 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 조기 진단 기술의 발달과 초음파 검진의 대중화로 인해 더 많은 환자가 조기에 발견되고 있다. 갑상선암은 유두암(papillary thyroid cancer)이 가장 흔하며, 적절한 치료를 통해 낮은 재발률과 높은 생존율을 보이는 질환으로 잘

알려져 있다. 전통적인 고식적 갑상선 절제술(conventional thyroidectomy)은 넓은 노출과 직접적인 접근이 가능하며, 안전하고 효과적인 표준 수술법으로 자리 잡았다. 그러나 경부 절개로 인해 환자들은 미용적 흉터와 수술 후 심리적 부담을 겪는 경우가 많다. 반면, 로봇 갑상선 절제술(robotic thyroidectomy)은 경부 절개를 피하고 원위부 접근(remote access)을 통해 미용적 만족도를 높이며, 최소 침습 기술을 활

Received: November 26, 2024 / Revised: December 12, 2024 / Accepted: December 26, 2024

\* These authors contributed equally to this study.

Corresponding author: Eui-Suk Sung, Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Pusan National University School of Medicine, Busan 50612, Korea

Tel: +82-55-360-2654, Fax: +82-55-360-2162, E-mail: sunges77@gmail.com

Copyright © 2024. The Busan, Ulsan, Gyeongnam Branch of Korean Society of Otolaryngology-Head and Neck Surgery.

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.

용한 수술법이다. 로봇 시스템은 높은 해상도의 3D 시야와 정밀한 도구 조작이 가능하도록 설계되어, 수술 과정에서 주요 신경과 혈관의 손상 위험을 최소화한다. 특히, 로봇 수술은 출혈 및 감염률을 줄이고 회복 시간을 단축시켜 환자의 삶의 질을 향상시키는 데 기여한다. 이러한 장점은 로봇 갑상선 절제술이 미용적 요구가 높은 환자들뿐 아니라, 복잡한 갑상선 병변에도 적합한 치료법으로 자리 잡는 데 기여하고 있다.

로봇 갑상선 수술의 역사는 다빈치 로봇 시스템(da Vinci robotic system)의 도입과 함께 시작되었다. 초기에는 다빈치 시스템이 전통적인 경부 접근법을 보완하며 사용되었으나, 경부 흉터를 최소화하기 위해 다양한 원위부 접근법(remote access techniques)이 개발되었다. 대표적으로 구강(transoral), 귀뒤(retroauricular) 및 액와(transaxillary) 접근법이 제안되었으며, 이들 각각은 환자의 미용적 요구와 안전성을 동시에 충족시키기 위해 설계되었다. 기존의 다빈치 시스템은 다수의 팔(arm)과 입체 내시경을 사용하여 효과적인 수술을 가능하게 했으나, 좁은 작업 공간에서 도구 간 충돌 및 조작의 제약이 발생할 수 있다. 이에 따라 단일 포트를 활용한 새로운 로봇 시스템이 개발되어 기존의 한계를 극복하고자 하였다.

새로운 SP(single-port) 로봇 시스템은 팔(arms)과 입체 내시경을 단일 포트를 통해 삽입하여 수술 시야와 조작의 효율성을 극대화한다. 이 시스템은 좁은 공간에서도 안정적인 작업 환경을 제공하며, 다양한 갑상선 수술 접근법에 적용 가능하다. 본 종설은 갑상선 수술 시 단일 포트 로봇 시스템을 사용한 구강(transoral), 귀뒤(retroauricular) 및 액와(transaxillary) 접근법의 특징과 장단점을 비교 분석하고, 이러한 기술이 갑상선 수술에서 어떻게 환자 맞춤형 치료를 제공할 수 있는지와 로봇 갑상선 수술의 임상 적용의 가능성을 제시하고자 한다.

## 본론

### Xi 로봇 시스템과 SP(single-port) 로봇 시스템의 차이점

기존의 다빈치 Xi 시스템은 4개의 개별적인 팔(arms)로 구성되어 있으며, 각각의 도구가 독립적으로 움직인다. 이 시스템은 좁은 절개부에 다수의 팔이 들어가서 작업해야하나 SP 시스템은 모든 도구가 단일 캐뉼라를 통해 삽입되어 좁은 수술 공간에서 효율적으로 작업을 수행할 수 있다. 즉 하나의 로봇 팔에 카메라와 다관절 손목 기능을 갖춘 3개의 수술 기구들을 장착할 수 있으며, 수술 시 기구와 카메라가 하나의 관에서

평행하게 나와 수술 부위 근처에서 여러 방향으로 갈라져 움직이므로 좁은 공간 수술에 유용하다.

Xi 시스템은 도킹 과정에서 4개의 팔을 각각 적절히 배치해야 하므로 도킹 시간이 길어질 수 있다. 각 도구 간의 간섭을 방지하기 위해 세밀한 위치 조정이 필요하며, 이는 수술 준비 과정에서 추가적인 시간이 소요된다. 반대로 SP 시스템은 단일 포트로 설계되어 모든 도구가 한 포트를 통해 삽입되므로 도킹 과정이 단순화된다. 이러한 특성은 수술 준비 시간을 단축시키며, 작업 공간의 정리와 도구 간 충돌 방지에도 유리하다.

Xi 시스템은 내시경의 위치를 변경하려면 수동적으로 이동해야 한다. 이는 수술 중 내시경 조작에 추가적인 시간이 소요될 수 있다. SP 시스템의 입체 내시경은 단일 포트 내에서 자유롭게 회전 및 이동이 가능하며, 수술 중에도 실시간으로 시야를 조정할 수 있다. 이로 인해 SP 시스템은 더 효율적으로 고해상도 3D 영상을 제공한다.

Xi 시스템의 각 팔은 독립적으로 움직이며 넓은 수술 공간에서 효율적이다. 그러나 좁은 공간에서는 도구 간 충돌 가능성이 높아지고, 작업이 제한적일 수 있다. SP 시스템은 4개의 팔이 단일 포트 내에서 삼각형 형태로 배치되며, 좁은 공간에서도 안정적인 작업을 가능하게 한다. 또한, SP 시스템은 도구 간 간섭이 적으며, 기존 Xi 시스템보다 더 정밀한 조작이 가능하다. 그러나 Xi 시스템에 비해 SP 시스템은 로봇 팔과 기구가 적기 때문에 일부 복잡한 수술에서 다용도성이 제한될 수 있다.

### 구강 접근법의 특징과 장단점

구강 접근법은 구강 내부를 통해 접근하여 외부 흉터를 완전히 제거하는 미용적 우수성을 제공한다.<sup>1,2)</sup> 또한 갑상선 전 절제술이 가능하다. 이 접근법은 특히 흉터를 최소화하고자 하는 젊은 환자들에게 적합하다. 그러나 작업 공간이 제한적이며, 감염 위험이 다소 증가할 가능성이 단점으로 지적된다. SP 로봇 시스템은 이러한 단점을 보완하기 위해 팔과 입체 내시경의 유연한 활용을 통해 좁은 공간에서도 정밀한 수술을 가능하게 한다.

### 귀뒤 접근법의 특징과 장단점

귀뒤 접근법은 귀 뒤의 절개를 통해 갑상선에 접근하는 방식으로, 경부 흉터를 숨길 수 있어 미용적 이점이 크다. 이 접근법은 접근 경로가 짧아 조직 손상이 적고, 작업 공간이 비교적 효율적으로 확보되는 장점이 있다. 그러나 좁은 공간에서 수술을 진행해야 하므로 높은 수준의 숙련도가 요구된다. 귀

뒤 접근에 따라 갑상선과 함께 중심 림프절 절제술에는 도움이 된다.<sup>3,4)</sup> SP 로봇 시스템은 입체 내시경의 유연한 활용을 통해 좁은 공간에서도 정밀한 수술을 가능하게 한다.

### 액와 접근법의 특징과 장단점

액와 접근법은 거드랑이를 통해 접근하는 방식으로, 비교적 넓은 작업 공간과 안정적인 시야를 제공한다.<sup>5,6)</sup> 또한 갑상선 전절제술이 가능하다. 이 접근법은 특히 동양인의 체형에서 적합성이 높으며, 다수의 성공 사례를 통해 안정성이 입증되었다. 그러나 서양인의 체형이나 갑상선 병리적 특성에 따라 제한점이 있을 수 있다. SP 로봇 시스템은 기존 시스템보다 효율적으로 넓은 공간에서 작업을 가능하게 하며, 도구 간 충돌 문제를 효과적으로 해결한다.

### 작업 공간과 도킹 효율성

SP 로봇 시스템은 도킹 과정이 기존 다빈치 시스템보다 간소화되어 작업 시간이 단축된다. 단일 포트를 통해 모든 도구를 삽입함으로써, 작업 공간의 정리가 수월하며, 도구의 안정적 배치가 가능하다. 특히 팔은 도구 간 간섭을 최소화하며, 좁은 공간에서도 정밀한 조작이 가능하도록 설계되었다. 이러한 특성은 갑상선 수술에서 필수적인 반회후두신경과 주요 혈관의 보존을 더욱 안전하게 만든다.

### 미용적 및 기능적 결과

SP 로봇 시스템은 미용적 측면에서 환자 만족도를 높이는 데 기여하였다. 구강 접근법은 구강안에 흉터가 있고, 귀뒤 접근법과 액와 접근법은 흉터를 숨길 수 있어 외형적인 결과에서 높은 평가를 받았다. 기능적으로도 팔을 활용한 정확한 수술로 인해 주요 신경과 혈관 및 부갑상선을 잘 보존하여, 수술 후 합병증이 최소화되었다.

### 경제적 및 임상적 적용 가능성

새로운 시스템은 초기 도입 비용이 높지만, 장기적으로 수술 시간 단축과 합병증 감소를 통해 비용 효과성을 갖는다. 특히, 다양한 접근법에 적용 가능하며, 환자 개인의 상태와 요구를 충족시킬 수 있는 유연성을 제공한다.<sup>1-6)</sup> 이는 갑상선 수술에서 새로운 치료 표준을 제시할 가능성을 보여준다. 새로운 시스템은 경제적 측면에서도 초기 비용이 높지만, 장기적으로 수술 시간 단축과 합병증 감소를 통해 비용 효과성을 가질 가능성이 크다. 이는 병원 운영의 효율성을 높이며, 환자

만족도를 동시에 달성할 수 있는 방법으로 평가된다. 각 접근법은 환자의 상태와 요구에 따라 적절히 선택될 수 있으며, 이는 로봇 시스템의 유연성을 보여주는 중요한 예이다.

### 결론

SP 로봇 시스템은 갑상선 수술에서 미용적, 기능적, 경제적 우수성을 보였고 구강, 귀뒤, 액와 접근법에 따른 각각의 장점을 활용하여 환자 맞춤형 수술 전략을 가능하게 하며, 향후 임상 적용이 기대된다. 향후 연구는 SP 로봇 시스템의 임상적 적용 가능성을 더욱 확장하는 데 초점을 맞추어야 한다. 특히, 다양한 환자군과 병리적 상태를 포함하는 대규모 임상 연구가 필요하며, 이를 통해 시스템의 안전성과 효율성을 보다 명확히 검증할 수 있다.

### Acknowledgements

This study was supported by a 2024 research grant from Pusan National University Yangsan Hospital.

### Funding Information

Not applicable.

### Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### ORCID

Jin-Choon Lee, <https://orcid.org/0000-0002-5629-4277>

Minhyung Lee, <https://orcid.org/0000-0002-4038-1667>

Eui-Suk Sung, <https://orcid.org/0000-0001-8752-3426>

### Author Contribution

Conceptualization: Sung ES.

Data curation: Lee M.

Formal analysis: Lee M.

Methodology: Lee M.

Validation: Lee JC.

Investigation: Lee JC.

Writing - original draft: Sung ES.

Writing - review & editing: Lee JC, Lee M, Sung ES.

## Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

## References

1. Tae K. Transoral robotic thyroidectomy using the da Vinci single-port surgical system. *Gland Surg* 2020; 9(3):614-6.
2. Park D, Shaeer M, Chen YH, Russell JO, Kim HY, Tufano RP. Transoral robotic thyroidectomy on two human cadavers using the Intuitive da Vinci single port robotic surgical system and CO<sub>2</sub> insufflation: preclinical feasibility study. *Head Neck* 2019;41(12):4229-33.
3. Kim TK, Seo M, Park SH, Kim JI, Kim SJ, Kim JH, et al. Feasibility of robotic thyroidectomy via hairline incision using da Vinci single port system: initial experience with 40 consecutive cases. *Head Neck* 2022; 44(10):2197-205.
4. Noel JE, Lee MC, Tam K, Lim GC, Holsinger FC, Koh YW. Retroauricular thyroidectomy with a single-arm robotic surgical system: preclinical cadaveric study. *Head Neck* 2020;42(12):3663-9.
5. Kang IK, Park J, Bae JS, Kim JS, Kim K. Safety and feasibility of single-port trans-axillary robotic thyroidectomy: experience through consecutive 100 cases. *Medicina* 2022;58(10):14866.
6. Yu DY, Chang YW, Ku D, Ko SY, Lee HY, Son GS. Robotic thyroidectomy using gas-insufflation one-step single-port transaxillary (GOSTA) approach. *Surg Endosc* 2023;37(11):8861-70.