



Voice Outcomes After Transoral Robotic Surgery Compared to Conventional Approaches

Chang Myeon Song

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, College of Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

경구강 로봇 수술 후 음성 결과 문헌 고찰을 통한 경부 절개 수술과의 비교

송창면

한양대학교 의과대학 이비인후과학교실

Robotic surgery through oral cavity has been developed as a surgical approach for thyroid cancer and head and neck malignancies. In general, transoral robotic surgery for the treatment of oropharyngeal and laryngeal cancers is referred to as transoral robotic surgery (TORS), whereas transoral robotic surgery performed for thyroidectomy is referred to as transoral robotic thyroidectomy (TORT). Initially introduced for the management of oropharyngeal carcinoma within the field of head and neck surgery, advancements in robotic technology and surgical techniques have expanded its indications to include laryngeal cancer and thyroid cancer. Recently, TORS and TORT have been increasingly utilized in clinical practice. For thyroid cancer, TORS is performed via an incision between the mandible and the lower lip mucosa, allowing a cranial-to-caudal operative approach. When an additional axillary incision is not employed, this technique represents the only surgical approach that avoids any cutaneous incision for the treatment of thyroid tumor. Furthermore, in the management of oropharyngeal and laryngeal cancers, TORS enables resection of the primary tumor without the need for external skin incisions, although neck dissection requires neck skin incision. Despite the disadvantages of increased cost and longer operative time, TORS and TORT are widely recognized for its superior cosmetic outcomes. However, it is important to evaluate potential advantages beyond aesthetic benefits. The present study with narrative review aims to investigate voice outcomes of TORS and TORT compared with conventional transcervical open approaches through a comprehensive review of the literature.

Keywords Robot-assisted surgery; Robot surgery; Transoral; Voice; Phonation.

Received April 9, 2026
Revised May 4, 2026
Accepted May 8, 2026

Corresponding Author

Chang Myeon Song, MD, PhD
Department of Otolaryngology-
Head and Neck Surgery,
College of Medicine, Hanyang University,
222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu,
Seoul 04763, Korea
Tel +82-2-2290-8584
E-mail cmsong@hanyang.ac.kr

ORCID iD

Chang Myeon Song
<https://orcid.org/0000-0001-5267-0135>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

서 론

최근 수술 기법의 발달과 삶의 질에 대한 관심의 증가로 최소침습 수술(minimally invasive surgery)을 이용한 치료가 증가하고 있으며, 특히 두경부외과의 수술에서도 다양한 원거리 접근법(remote-access approach)이 개발되고 있다[1,2]. 다양한 내시경 시스템과 로봇 수술 시스템이 개발되면서, 특히 경구강을 통한 두경부암, 갑상선암의 치료 가 증가하고 있다. 구강, 인후두 부위는 좁은 강(cavity)이지만, 자연공이라는 이점을 제공해준다. 기존의 경구강 수술은 직선 시야에서 현미경과 레이저를 이용하기 때문에 중

양과 주변 구조물의 노출에 제한이 있어서 경부 절개를 통한 수술이 많이 이루어졌지만, 경구강 로봇 수술은 로봇 시스템을 이용하여 굴곡형 기구와 확대된 3차원 시야를 제공함으로써 인후두 종양의 노출과 정확한 수술이 가능하게 해주는 장점이 있다[3].

경부를 통한 절개 접근법(conventional trans-cervical approach)은 오랜 기간 동안 경험이 축적되어 있으며, 종양학적으로 안전 절제를 충분히 확보할 수 있는 장점이 있지만, 피부의 절개와 연부 조직의 박리, 그리고 근육과 인후강의 절개 등이 필요하다는 제한이 있다. 특히 갑상선 수술의 경우, 목의 중앙부에 생기는 수술 후 흉터는 환자에 따라서는 삶의 질을 감소시키는 결과를 가져올 수 있다[4]. 경구강 로봇 수술은 구강을 통해 로봇 기구와 내시경 기구가 삽입되어 수술하는 방법으로 외부의 절개를 최소화할 수 있다[5].

초기에는 편도암, 구인두암을 대상으로 경구강 로봇수술(transoral robotic surgery, TORS)이 시행되었으며, 최근에는 그 적응증이 넓어져서 후두암의 치료에서도 이용되고 있으며, 후두부분절제술뿐 아니라 후두전절제술까지 확장되었다[6].

경구강 로봇수술은 통상적으로 인후암을 경구로 수술하는 것을 의미하며, 경구강 로봇 갑상선절제술(transoral robotic thyroidectomy, TORT)은 구강을 통한 갑상선 절제술을 의미하여 용어를 구분하여 사용하고 있다. 경구강 로봇수술과 경구강 로봇 갑상선절제술은 수술의 적응증, 합병증, 수술 필드 등이 다르지만 구강을 통해 로봇이 진입하는 공통점을 가지고 있다. 경구강 로봇수술은 수술로 절제되는 장기, 조직의 위치와 양에 따라서 수술 후 음성의 변화가 결정된다. 구개수가 절제되거나 근긴장도 감소하면 구개인두부전(velopharyngeal insufficiency)이 생기면서 비음이 생길 수 있으며, 인후두가 절제되면 공명강의 변화와 상기도의 구조적인 변화로 인해서 음성이 변할 수 있다. 반면에 경구강 로봇 갑상선절제술은 발성을 하는 구조물이 직접 제거되는 것이 아니라, 후두신경의 기능 변화로 인한 음성의 변화와, 경부 근육, 연부 조직, 기관 등의 강직이나 기능 변화로 인해서 음성이 더 영향을 받는다[7]. 본 종설에서는 경구강 로봇수술과 경구강 로봇 갑상선절제술 이후의 음성 변화와 결과에 대한 문헌 고찰과 함께, 전통적인 경부 절개법과 비교하여 임상적 의의를 고찰하고자 한다.

본 론

경구강 로봇 갑상선절제술 후의 음성 변화

2025년에 아시아태평양갑상선수술학회(Asia Pacific Society of Thyroid Surgery), 미국두경부외과학회(American

Head and Neck Surgery), 미국내분비외과학회(American Association of Endocrine Surgeons), 미국갑상선학회(American Thyroid Association), 유럽내분비외과학회(European Society of Endocrine Surgeons), 라틴아메리카갑상선학회(Latin American Thyroid Society)에서 공동으로 원거리 접근법을 이용한 갑상선수술에 대한 합의 성명을 발표했다[8]. 원거리 접근법을 이용한 갑상선절제술 후의 음성의 질은 전통적인 절개수술 후의 음성과 비교하여 동등하거나 우수하다고 발표하였으며, 수술 후 연하의 질은 동등하다고 보고하였다. 이 성명에서 경구강 갑상선절제술은 전절제술이 용이하며 미용적 결과가 우수하나, 이부신경(mental nerve) 손상, 구강 상재균에 의한 감염의 위험성이 있음을 보고하였다[8].

TORT는 원거리 접근법을 이용하는 갑상선 수술법 중 가장 거상 거리가 짧은 장점이 있다. 또한 정중상으로 접근을 하기 때문에 양측 갑상선엽을 절제하는 데 용이하다. TORT 수술은 상부에서 하부로(cranial to caudal) 진행된다. 이 과정에서 윤상갑상근(cricothyroid muscle), 갑상선 상부 공간을 박리하면서 상후두신경의 외측분지(external branch of superior laryngeal nerve)를 만나게 될 가능성이 높아서, 이를 보존할 수 있는 장점이 있다. 76명의 환자를 대상으로 경구강 갑상선절제술을 시행받은 환자의 42.5%에서 근전도로 상후두신경의 외측 분지를 확인할 수 있었다[9]. TORT 1000예를 보고한 연구는 수술 후 되돌이후두신경의 일시적 손상이 0.4%, 영구적 손상은 0.1%로 보고하였으며, 성대 마비의 합병증이 낮다고 평가하였다[10].

경구강 내시경 갑상선절제술(transoral endoscopic thyroidectomy vestibular approach)과 경구강 로봇 갑상선절제술 후 지표들에 대한 체계적 고찰 연구에서 수술 시간은 경구강 내시경 갑상선절제술이 가장 길고, 그 다음 경구강 로봇 갑상선절제술, 그리고 전통적 절개수술이 가장 수술 시간이 짧았다[4]. 경구강 내시경 갑상선절제술 수술법과 경구강 로봇 갑상선절제술 수술법을 비교하였을 때, 일시적 되돌이후두신경 마비의 빈도가 내시경 갑상선절제술이 로봇 갑상선절제술에 비해서 유의하게 높았다(odds ratio 2.69, 95% confidence interval 1.09–6.62). 영구적인 성대 마비의 빈도는 세 수술법 모두 유의한 차이가 없었다.

경구강 갑상선절제술 후의 음도(vocal pitch)는 전통적인 절개수술법과 비교하여 더 우수하거나 동등하다는 연구 결과들이 보고되었다. 한 연구에서 갑상선엽절제술을 시행받은 82명의 환자를 대상으로 경구강 내시경 갑상선절제술과 경부 절개법의 수술 후 주관적 설문조사, 청지각적 음성 평가, 후두 내시경과 스트로보스코피검사, 음성 분석을 수술 전과 수술 후 1개월 시점에 두 군에서 비교하였다[11]. 그 결과 경구강 내

시경 갑상선 수술군이 경부 절개 수술군에 비해 유의하게 차이가 적었다. 그러나 두 군 간의 수술 전 GRBAS 점수, 증상 설문조사점수, F_0 , 발화기본주파수(speech fundamental frequency), 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 잡음 대 고조파 비율(noise to harmonic ratio), 음도 범위(voice range), 최고 음도, 최저 음도의 유의한 차이가 없었다. 또한 수술 후의 각 평가 항목들이 두 군 간에 차이가 없었으며, 각 군에서 수술전과 수술후를 비교하였을 때 유의한 변화가 없었다. 한편 경구강 갑상선 수술 후 1주일, 1개월, 3개월 후의 음성을 순차적으로 분석한 다른 연구에서는 경구강 수술군이 전통 절개군보다 술 후 기본 주파수가 더 높았으며, 경구강 수술군이 공기역학적 분석에서 모음 /a/의 평균 음압, 음절 /pa/의 평균 음압, 평균 기류 압력이 경부 절개 수술군보다 우수하였다[12].

보통 갑상선 수술법 중 로봇수술을 받는 환자군의 나이가 어린 경향이 있어서, 음성 분석에 있어서 이 점을 유의해야 한다. 경구강 내시경 갑상선절제술을 받은 환자군과 경부절개 수술을 받은 환자의 나이를 성향 점수 매칭(propensity score matching)으로 보정한 연구를 소개하고자 한다[13]. 경구강 내시경 갑상선절제술을 받은 52명과 경부절개수술을 받은 50명의 환자를 나이로 매칭하여 각 그룹에서 31명씩 선정하여 분석을 시행하였다. 매칭 전과 매칭 후에 경구강 내시경 갑상선절제술 수술군과 경부 절개 수술군에서 음성에 대한 시각적 유사 척도(Visual Analog Scale), 음성의 지각적 평가 척도(GRBAS), 음성장애지수(Voice Handicap Index-10, VHI-10) 점수가 술 후 3개월과 6개월에 차이가 없었다. 이상의 연구들을 종합하면 갑상선 수술 후 1개월에서 3개월 이내의 기간에는 경구강 수술보다 경부절개수술이 음성의 악화가 심하다는 보고가 있으나, 3개월 이후에는 두 수술법 간의 음성 결과가 유의한 차이가 없는 경향이 있다. 대부분의 연구가 경구강 내시경 수술 후의 음성을 분석하였는데, 경구강 로봇 갑상선절제술과 경부 절개 수술 후의 음성을 분석한 연구가 있다. 경구강 로봇 갑상선절제술을 받은 42명과 경부 절개 수술을 받은 47명의 환자들의 수술 후 음성을 술 후 일주일, 1개월, 3개월 후에 비교하였다[14]. 술 후 3개월까지 최대 주파수(highest frequency)가 경구강 로봇 갑상선절제술 군에서 더 높았으며, 주파수 범위가 더 넓었다. 이 연구에서 경구강 로봇 갑상선절제술 군이 절개 군 보다 나이가 더 어리고 수술 시간이 더 길었기 때문에, 다변량 회귀분석을 시행하여 분석하였으며, 환자의 나이($p=0.027$)와 경구강 로봇 갑상선절제술($p=0.021$) 여부가 음도에 영향을 미치는 독립적인 요인인 것을 밝혔다. 상기 연구의 제한점은 환자의 수가 적고, 수술 후 3개월까지의 음성 결과만 분석하였기 때문에, 추후에

더 많은 수의 환자를 대상으로 장기적인 결과까지 연구하는 전향적 연구가 필요하다.

경구강 두경부 종양 로봇 수술 후의 음성

인후암을 치료하기 위해 사용되는 경구강 수술법인 경구강 로봇수술은 두경부 원발암을 내강 안으로 절제하여 기존의 경부 절제를 통한 수술보다 조직과 기관을 더 보존할 수 있는 장점이 있다. 특히 하악골 절개술, 인두 절개술 등의 조직 절개를 피함으로써 발성 구조물들을 더 보존할 수 있는 가능성을 가지고 있다[15].

그러나 두경부암의 치료에서 선행치료(neoadjuvant therapy), 수술 후(adjuvant) 방사선 치료, 항암방사선 치료 등 단일 치료법이 아닌 복합적인 치료법을 사용하게 되는 경우가 많기 때문에 동일한 조건에서 경구강 로봇수술과 경부 절개 수술법을 비교하는 데는 제한이 따른다. 하인두암을 경구강 로봇수술로 치료한 23명을 대상으로 수술 후 3년째의 음성 분석을 시행한 연구 결과, 기본 주파수 변동성과 jitter는 증가하였으나, noise to harmonic ratio와 shimmer는 정상 범위에 가깝게 유지되었다[16]. 인간유두종바이러스 양성인 구인두 편평세포암 환자에서 주 치료로 경구강 로봇수술을 시행받은 환자들과 방사선치료를 받은 환자들의 삶의 질을 비교한 체계적 고찰 연구를 소개한다[17]. 총 6개의 연구들이 선정되었으며, 555명의 환자들을 대상으로 연구를 진행하였다. 앞서 명시한 연구의 제한점대로 경구강 로봇수술을 시행받은 환자들 중 일부는 수술 후 방사선치료나 항암방사선 치료를 받았다. 이 연구에서 언어(speech)의 자각적 증상을 평가하는 Speech Handicap Index와 음성장애지수(VHI) 모두 두 군에서 유의한 차이가 없었다. 다른 연구에서 경구강 로봇 성문상부 후두절제술을 시행받은 환자군과 경부절개 성문상부 후두절제술을 시행받은 환자들을 대상으로 수술 후 3주, 수술 후 6개월에 삶의 질을 비교하였다[18]. 이 연구에서 경구강 로봇수술 군의 성문상부암 환자들은 인두피부누공(pharyngocutaneous fistula)을 예방하기 위해서 경구강 로봇수술을 시행받고 2주 뒤 경부절제술을 시행받았으며, 경구강 로봇 수술 후 중환자실에서 24시간 동안 기관삽관을 유지하여 기도폐쇄를 예방하였다. 삶의 질 점수는 경구강 로봇수술 환자군에서 술 후 3주에 모든 항목에서 더 좋은 점수를 보였으며, 술 후 6개월에는 언어, 연하, 사회 활동, 기침반사에 관련된 항목들이 경구강 로봇 수술군에서 더 빠른 회복을 보였다.

결론

인후두암을 치료하기 위한 경구강 로봇 수술은 경부 절개

수술에 비해서 빠른 회복과 음성의 회복이 빠르다는 연구들이 있으나, 수술 후 방사선 치료, 항암방사선 치료 등 복합적인 치료를 받기 때문에 비교에 제한이 있다. 경구강 로봇수술은 원발암 치료에 있어서는 강 안에서 종양과 자유변연을 포함한 종괴만 적출하면 되기 때문에 강 안으로 들어가기 위해 외부에서 조직이나 장기를 절개하여 수술하는 경부절개 수술보다 음성 보존에 더 유리할 수 있다.

갑상선 종양을 수술하기 위한 경구강 로봇 갑상선절제술은 확대된 시야를 제공하여 상후두의 외측 분지와 되돌이 후두 신경의 보존이 용이하다. 다수의 연구에서 경구강 로봇 갑상선절제술 후의 음성은 경부 절개 갑상선절제술과 동등하다고 보고하였으며, 음도 보존이 우수하다는 연구들이 있다. 현재까지의 연구들은 대부분 후향적이며, 음성 평가 방법이 다양하고, 추적 관찰 기간이 제한적이다. 따라서 향후에는 전향적인 연구로 표준화된 음성 분석을 통해 다기관 연구를 하는 것이 필요하다. 또한 음성 장애를 진단하는 인공 지능과 착용형 비침습성 후두신경 모니터링 기술들이 빠르게 개발되고 있으므로, 이를 이용한 음성의 평가가 더욱 발전할 것이다.

중심 단어: 로봇 보조 수술; 로봇 수술; 경구강; 음성; 발성.

Funding Statement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2024-00346563).

Acknowledgments

None

Conflicts of Interest

The author has no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- Leonhardt FD, Quon H, Abrahão M, O'Malley BW Jr, Weinstein GS. Transoral robotic surgery for oropharyngeal carcinoma and its impact on patient-reported quality of life and function. *Head Neck* 2012; 34(2):146-54.
- Anuwong A. Transoral endoscopic thyroidectomy vestibular approach: a series of the first 60 human cases. *World J Surg* 2016;40(3): 491-7.
- Song CM, Bang HS, Kim HG, Park HJ, Tae K. Health-related quality of life after transoral robotic thyroidectomy in papillary thyroid carcinoma. *Surgery* 2021;170(1):99-105.
- Nguyen VC, Song CM, Ji YB, Oh S, Jeong JH, Tae K. Comparison of surgical outcomes of transoral robotic and endoscopic thyroidectomy: a systematic review and network meta-analysis. *Head Neck* 2024;46(3): 688-701.
- Lee SY, Park YM, Byeon HK, Choi EC, Kim SH. Comparison of oncologic and functional outcomes after transoral robotic lateral oropharyngectomy versus conventional surgery for T1 to T3 tonsillar cancer. *Head Neck* 2014;36(8):1138-45.
- Smith RV, Schiff BA, Sarta C, Hans S, Brasnu D. Transoral robotic total laryngectomy. *Laryngoscope* 2013;123(3):678-82.
- Song CM, Yun BR, Ji YB, Sung ES, Kim KR, Tae K. Long-term voice outcomes after robotic thyroidectomy. *World J Surg* 2016;40(1):110-6.
- Russell JO, Tae K, Roth MY, Hou R, Suh I, Tufano RP, et al. Remote-access thyroidectomy and parathyroidectomy: a 2025 consensus statement from the Asia-Pacific Society of Thyroid Surgery, American Head and Neck Society, American Association of Endocrine Surgeons, American Thyroid Association, European Society of Endocrine Surgeons, and Latin American Thyroid Society. *Thyroid* 2025;35(11):1285-96.
- Ji YB, Jeong JH, Wu CW, Chiang FY, Tae K. Neural monitoring of the external branch of the superior laryngeal nerve during transoral thyroidectomy. *Laryngoscope* 2021;131(2):E671-6.
- Oh MY, Park D, Chai YJ, Kim K, Kim HY. Transoral robotic thyroidectomy: lessons learned from consecutive series of 1,000 patients. *Surgery* 2024;176(6):1627-34.
- Kim MR, Park YJ, Park BW, Suh T, Kim SY, Moon TH, et al. Can voice pitch be preserved in patients after transoral endoscopic thyroidectomy vestibular approach? *J Clin Med* 2020;9(9):2777.
- Kim S, Kim GW, Hong YT. Phonetic features of patients with transoral endoscopic thyroidectomy. *Auris Nasus Larynx* 2023;50(4):593-600.
- Han S, Kwon TK, Chai YJ, Park J, Lee DY, Lee KE, et al. Functional voice and swallowing outcome analysis after thyroid lobectomy: transoral endoscopic vestibular versus open approach. *World J Surg* 2020; 44(12):4127-35.
- Song CM, Park JS, Park HJ, Tae K. Voice outcomes of transoral robotic thyroidectomy: comparison with conventional trans-cervical thyroidectomy. *Oral Oncol* 2020;107:104748.
- Chen H, Liu Y, Huang D, Zhang X, She L. Transoral robotic surgery vs. non-robotic surgeries for oropharyngeal squamous cell carcinoma: systematic review and meta-analysis. *J Robot Surg* 2023;17(5): 2537-46.
- Park YM, Kim WS, De Virgilio A, Lee SY, Seol JH, Kim SH. Transoral robotic surgery for hypopharyngeal squamous cell carcinoma: 3-year oncologic and functional analysis. *Oral Oncol* 2012;48(6):560-6.
- Gupta KK, De M, Athanasiou T, Georgalas C, Garas G. Quality of life outcomes comparing primary transoral robotic surgery (TORS) with primary radiotherapy for early-stage oropharyngeal squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Surg Oncol* 2024;50(7):108434.
- Kaya KH, Karaman Koç A, Kayhan FT. Health-related quality-of-life outcomes after transoral robotic surgery for T1 and T2 supraglottic laryngeal carcinoma compared to the transcervical open supraglottic approach. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2022;84(5):378-86.