

Onkologie 2023 · 29:24–28  
<https://doi.org/10.1007/s00761-022-01251-3>  
 Angenommen: 21. September 2022  
 Online publiziert: 24. Oktober 2022  
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022



# Roboterassistierte Chirurgie in der Kopf-Hals-Region

P. J. Schuler<sup>1,2</sup> · F. Böhm<sup>1,2</sup> · M. N. Theodoraki<sup>1,2</sup> · J. Greve<sup>1,2</sup> · T. K. Hoffmann<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde und Kopf-Hals-Chirurgie, Universitätsklinikum Ulm, Ulm, Deutschland

<sup>2</sup> Surgical Oncology Ulm, i2SOUL Konsortium, Ulm, Deutschland

## In diesem Beitrag

- Operationssysteme
- Einsatzgebiete der roboterassistierten Chirurgie  
Pharynx · Larynx · Schädelbasis
- Ausblick

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** In der Kopf-Hals-Chirurgie haben sich die roboterassistierten Eingriffe noch nicht in der klinischen Routine etablieren können. Dies steht im Gegensatz zu der früher herrschenden Begeisterung für die transorale roboterassistierte Chirurgie (TORS) und den robotischen Erfolgen in anderen Fachbereichen, wie Allgemeinchirurgie, Urologie und Gynäkologie.

**Methoden:** In der vorliegenden Übersichtsarbeit werden einige der aktuell verfügbaren robotischen Systeme für die Kopf-Hals-Chirurgie beschrieben. Hierfür wurde eine selektive Literaturrecherche mit den Stichwörtern „head“, „neck“, „TORS“, „robotic surgery“, „oncology“ und „skull base“ in der Datenbank PubMed durchgeführt.

**Ergebnisse:** Die aktuell verfügbaren Systeme sind für den regelmäßigen Einsatz im Kopf-Hals-Bereich nicht ausreichend angepasst, was an den anatomisch begrenzten Platzverhältnissen und den teilweise schwer erreichbaren Operationsarealen liegt.

**Schlussfolgerung:** Für die notwendige Adaptation erscheint der Markt im Kopf-Hals-Bereich nicht ausreichend groß zu sein. Außerdem sind regionale Unterschiede zu berücksichtigen. Die Roboterchirurgie allgemein und auch TORS sind im angloamerikanischen Raum deutlich weiter verbreitet als im europäischen oder asiatischen Markt. Trotz allem zeigen einige Machbarkeitsstudien das Potenzial, aber auch die Konflikte bei der Anwendung von Robotik in der Kopf-Hals-Chirurgie auf.

### Schlüsselwörter

Robotik · Roboterunterstützte chirurgische Verfahren · Kopf-Hals-Tumoren · Onkologische Chirurgie · Schädelbasis

## Operationssysteme

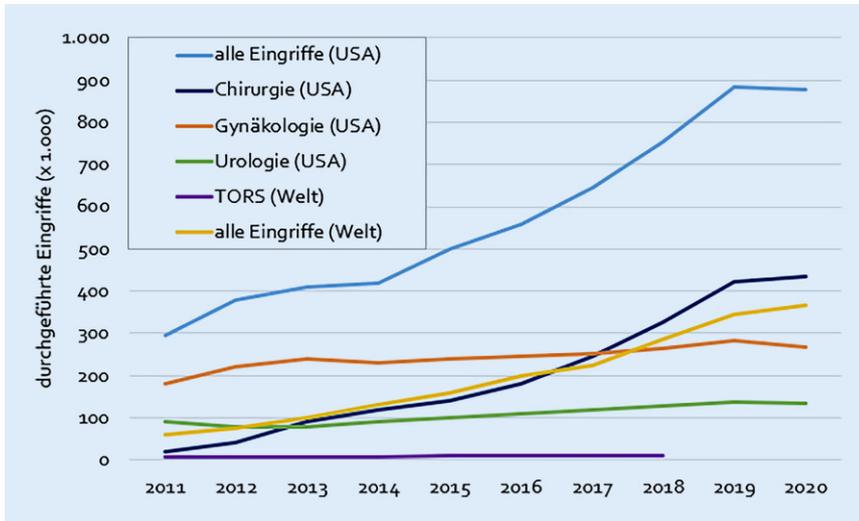
Die ersten Beschreibungen der transoralen roboterassistierten Chirurgie (TORS) in der Literatur stammen von der Arbeitsgruppe um Weinstein et al. aus Philadelphia in den Jahren 2006 und 2007 [25, 36]. Seit dieser Zeit sind die TORS-Eingriffe weltweit fast ausschließlich mit dem Da-Vinci-System der Fa. Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA, USA) durchgeführt worden, sodass hier gewissermaßen eine Monopolstellung vorliegt. Hierzu steht im starken Kontrast die Entwicklung der Fa. Intuitive Surgical, deren Fokus in den Fachbereichen Allgemeinchirurgie, Urologie und Gynäkologie liegt. Diese Entwicklung lässt sich gut an den Fallzahlen ablesen, welche dem jährlich erscheinenden Geschäftsbericht zu ent-

nehmen sind [1]. Wurde TORS bis 2018 noch als eigenständige Entwicklungssparte aufgeführt, so fehlen diese Zahlen seit 2019. Die Entwicklung des Geschäftsfelds war bis dahin im Vergleich zu den anderen Sparten unterdurchschnittlich ausgefallen (■ Abb. 1). An dieser Entwicklung scheint auch die Einführung des Single-Port-Systems (■ Abb. 2) im Jahr 2018 keinen entscheidenden Einfluss genommen zu haben, sodass der regelmäßige Einsatz der TORS einigen spezialisierten Zentren vorenthalten bleibt.

Aufgrund dieser aus HNO-Sicht eher ungünstigen Entwicklung wurden große Hoffnungen auf das FLEX-System der Fa. Medrobotics (Raynham, MA, USA) gesetzt, welches speziell für TORS entwickelt worden war. Nach der erfolgreichen



QR-Code scannen & Beitrag online lesen



**Abb. 1** ▲ Jährlich durchgeführte Eingriffe mit dem Da-Vinci-System der Fa. Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA, USA). Daten frei zugänglich gemäß den jährlich erscheinenden Geschäftsberichten der Fa. Intuitive Surgical [1]. Auflistung von TORS als eigenständiges Entwicklungsfeld 2019 eingestellt

klinischen Phase-I-Studie (NCT02262247) erfolgte die Zulassung des Systems für den amerikanischen und europäischen Markt [29]. Allerdings verlor die Firma im Jahr 2021 einen Patentstreit und musste Insolvenz anmelden. Eine Fortführung des FLEX-Systems ist nicht geplant.

### » Die flexiblen Instrumente geben ein haptisches Feedback

Vor diesem Hintergrund soll dieser Bericht nicht nur den aktuellen Stand der TORS beschreiben, sondern auch alternative Operationssysteme hervorheben, welche speziell für die besonderen Bedürfnisse der TORS entwickelt worden sind.

Der Einsatz der roboterassistierten Chirurgie (RAC) verfolgt v. a. folgende 3 Ziele:

- Verbesserung der Visualisierung und des Zugangs zu anatomisch schwer erreichbaren Regionen,
- Vereinfachung der Op.-Durchführung mit Erhöhung der chirurgischen Präzision durch Verwendung von Instrumenten mit multiplen Freiheitsgraden und erhöhter Flexibilität,
- geringere Zugangsmorbidität und intraoperative Gewebetraumatisierung durch Etablierung minimal-invasiver Zugänge für komplexe Operationen.

Insgesamt sollen so kürzere Op.-Zeiten, ein besserer Funktionserhalt und geringere Komplikationsraten erreicht werden.

Die Einteilung der aktuell verfügbaren robotischen Assistenzsysteme erfolgt anhand ihrer Funktion, Steuerung und Sensorik. Aufgrund der technischen Komplexität und der Sicherheitsbedenken ist die vollständig autonome Durchführung eines operativen Eingriffs durch einen computergesteuerten Operationsroboter in absehbarer Zeit nicht denkbar. Daher handelt es sich bei den hier vorgestellten Systemen ausschließlich um computergestützte roboterähnliche Operationswerkzeuge, welche vom Chirurgen gesteuert und kontrolliert werden. Besonders eng mit dem Begriff des medizinischen Roboters verbunden sind die Telechirurgiesysteme, welche nach dem Master-Slave-Prinzip funktionieren. Die Steuerung erfolgt durch den Chirurgen an einem Steuerpult, welches elektronisch an das Operationssystem gekoppelt ist. Die bekanntesten Vertreter sind die verschiedenen Da-Vinci-Systeme (Fa. Intuitive Surgical). Alternative Systeme mit ähnlichem Aufbau und ähnlicher Funktionsweise sind allerdings mittlerweile zugänglich. Das Senhance-System (Fa. Asensus Surgical, Durham, NC, USA) hat die Zulassung für Gynäkologie, kolorektale Chirurgie und Allgemeinchirurgie in USA, Europa und Japan erhalten. Hervorzuheben sind die besonders schmalen 3-mm-Instrumente des Senhance-Systems. Das Versius-System (FA. CMR Surgical, Cambridge, Vereinigtes Königreich) hat zusätzlich die Zulassung für Thoraxchirurgie und Urolo-



**Abb. 2** ▲ Da-Vinci-Single-Port-System der Fa. Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA, USA). Zulassung 2019, von verschiedenen Arbeitsgruppen für TORS eingesetzt [15]. (Quelle: Intuitive Surgical)

gie. Die ersten urologischen und gynäkologischen Eingriffe wurden dieses Jahr mit dem avatera-System der Fa. avateramedical GmbH (Jena, Deutschland) und dem Hugo-System (Fa. Medtronic, Minneapolis, MN, USA) durchgeführt [3, 22]. Die Zulassung für das Ottawa-System von Johnson & Johnson (New Brunswick, NJ, USA) wird frühestens in einem Jahr erwartet. Bei all diesen Systemen muss allerdings abgewartet werden, ob das Interesse der Firmen für den TORS-Markt geweckt wird oder ob die Fokussierung auf die großen medizinischen Fachgebiete vorangetrieben wird.

Im Folgenden werden verschiedene Einsatzgebiete der RAC im Kopf-Hals-Bereich unterteilt nach anatomischen Lokalisationen beschrieben.

### Einsatzgebiete der roboterassistierten Chirurgie

#### Pharynx

Der Oropharynx ist die Hauptdomäne der TORS. Über den transoralen Zugangsweg werden Karzinome des Naso-, Oro- und Hypopharynx reseziert. Seit Beginn der TORS werden die Vor- und Nachteile gegenüber der transoralen Lasermikrochir-

urgie (TLM) und der transoralen Chirurgie mit der elektrischen Nadel in vielen Facetten diskutiert [2, 8]. Grundsätzlich ermöglicht die Verwendung von TORS einen operativen Zugangsweg zu Malignomen, welche prinzipiell organerhaltend chirurgisch therapiert werden können. Dieses Verfahren kann somit besonders bei kleinen Tumoren ohne Lymphknotenbefall als Alternative zur primären Radiochemotherapie angeboten werden.

Die meisten klinischen Studien zum Einsatz der TORS zeigen gute Ergebnisse für die postoperative Organfunktion, die Lebensqualität sowie die Überlebensraten, was u. a. in der randomisierten ORATOR-Studie gezeigt wurde [24]. Allerdings gab es auch Kritikpunkte am Studiendesign, welche ausführlich dargelegt wurden [13, 14]. Angesichts dieser sehr sachlich geführten Diskussion wären weitere randomisierte Studien sehr hilfreich, um die Vor- und Nachteile von TORS zu erörtern.

Oftmals fehlen im Studiendesign allerdings klar definierte Vergleichsgruppen. So wurde in einer prospektiven nichtrandomisierten Studie von Lee et al. bei Patienten mit Tonsillenkarzinom die TORS-Technik mit einer offenen transzervikalen Tumorsektion verglichen. Die Gruppeneinteilung ist allerdings mit Bezug auf die Tumgröße (T1–4) signifikant unausgeglichen und führt so zwangsläufig zu einer Fehlinterpretation der Studienergebnisse [19].

Das seit 2019 zugelassene Single-Port-System (Fa. Intuitive Surgical) wurde mittlerweile durch verschiedene Arbeitsgruppen für TORS-Eingriffe am Oro- und Hypopharynx verwendet [15, 21]. Trotz der hohen Erwartungen konnten aber durch das neue Design keine entscheidenden Vorteile aufgezeigt werden.

### Larynx

In der onkologischen Larynxchirurgie entscheiden Größe, Ausdehnung und Infiltrationstiefe des zu behandelnden Tumors über das Op.-Verfahren. Bei ausgedehntem lokalem Tumorbefall des Larynx mit Infiltration des Larynxskeletts oder bei ausgedehnten Tumorrezidiven nach vorangegangener primärer Radiochemotherapie ist meistens eine totale Laryngektomie notwendig [34]. Auch diese kann in ausge-

suchten Fällen roboterunterstützt durchgeführt werden, um das Risiko für eventuelle Wundheilungsstörungen zu vermindern [17, 30]. Bei kleineren Tumoren (T1/2) ist eine vollständige Resektion oftmals mittels TLM möglich [33].

Im Bereich des Larynx beschreiben die meisten Publikationen die TORS-basierte supraglottische Larynxteilresektion. Verschiedene Fallstudien berichten über eine zufriedenstellende postoperative Schluck- und Stimmfunktion [5, 23, 27].

Ein klarer Vorteil der TORS gegenüber der etablierten TLM ergibt sich aus der bisherigen Datenlage nicht. Daher ist der standardmäßige Einsatz der TORS bei deutlich erhöhten Kosten aktuell in der Larynxchirurgie nicht praktikabel.

### » Die aktuellen TORS-Systeme sind für die transorale Chordektomie nicht geeignet

Der Einsatz des Da-Vinci-Systems zur Resektion von Tumoren auf Glottisebene ist für kleine Fallgruppen mit gutem Gesamtüberleben beschrieben worden [35]. Eine aktuelle Metaanalyse mit insgesamt 114 Patienten zeigt allerdings, dass die aktuellen TORS-Systeme für die transorale Chordektomie nicht geeignet sind [18].

Verschiedene alternative Systeme, welche speziell für die glottische Larynxchirurgie entwickelt werden, befinden sich in der präklinischen Testung. So ermöglicht das uRALP-System die halbautomatische Laserchordektomie ohne die Notwendigkeit einer geraden Sichtlinie [16]. Auch das sMAC-System bietet einen nichtlinearen Zugang zur glottischen Ebene mit dem Ziel, auch schlecht einstellbare Patienten adäquat behandeln zu können [28]. Darüber hinaus befinden sich verschiedene Kontinuumsroboter in der Entwicklung, welche bereits in Tier- und Körperspenderstudien für den Zugang zum Larynx getestet worden sind [7, 10].

### Schädelbasis

Aufgrund seiner engen anatomischen Verhältnisse und der vulnerablen funktionellen Strukturen stellt die anteriore Schädelbasis nicht den primären Einsatzort für die roboterassistierte Chirurgie dar. Trotzdem erscheinen die potenziellen Möglichkeiten

der Robotersysteme in Form von besserer Erreichbarkeit und besserer Visualisierung auch an der Schädelbasis von großem Vorteil, weshalb es in diesem Gebiet entsprechende Einsatzbestrebungen gibt.

Wie bei der bekannten TORS übernehmen auch an der Schädelbasis die Master-Slave-Systeme die Vorreiterrolle. Für die meisten transnasalen Robotersysteme ist der transnasale Zugang zu schmal. Daher werden sie oft mit dem transoralen Zugang kombiniert, der mit oder ohne Spaltung des weichen Gaumens durchgeführt werden kann. Auf diesem Wege sind u. a. eine Fallserie mit Tumoren der Sella turcica ( $n=4$ ) und Clivuschordomen ( $n=3$ ) operiert worden [4, 11]. Ein kombinierter transnasaler/transorbitaler Zugang mit dem Versius-System ist bisher an Körperspendern demonstriert worden [6]. Mit dem SmartArm, eine Eigenentwicklung der Universität Tokio, Japan, kann über einen rein transnasalen Zugang ein Duraleck in einem Phantomkopf genäht werden [20].

Die sehnengetriebenen Kontinuumsroboter stellen eine Untergruppe von flexiblen Robotersystemen dar, welche besonders an schwer erreichbaren Gebieten wie der vorderen Schädelbasis von Vorteil sein können. Allerdings sind die Konstruktion und v. a. die Miniaturisierung dieser Systeme eine große technische Herausforderung. Daher existieren bisher nur Körperspenderstudien zu deren Einsatz, welche sowohl das Potenzial als auch die aktuellen Hindernisse erahnen lassen [31, 32].

### » Auch die Haltesysteme für Endoskope zählen im weitesten Sinne zu den robotischen Systemen

Auch die Haltesysteme für Endoskope zählen im weitesten Sinne zu den robotischen Systemen. Diese können die Vorteile der endoskopischen Visualisierung mit den Vorteilen der Robotik kombinieren. In einer prospektiven klinischen Studie konnten 21 Patienten mit einem Endoskoproboter an der Schädelbasis operiert werden. Besonders bei langwierigen Eingriffen durch tiefe und enge Korridore war das System laut den Autoren vorteilhaft [37]. Wie in einer weiteren klinischen Studie mit 43 Patienten gezeigt wurde, folgt das iArmS-System (Intelligent Arm Support System,

Fa. DENSO CORPORATION, Kariya, Japan) automatisch dem Arm des Operateurs und stützt ihn in einer passenden Position, um der intraoperativen Ermüdung vorzubeugen [26]. Das Cirq-System (Fa. Brainlab, München, Deutschland) wiederum ist ein Endoskophaltesystem, welches auf einfache Weise mit Standardendoskopen kombiniert werden kann [9].

Der Einsatz von robotischen Assistenzsystemen an der Schädelbasis ist derzeit noch durch das Fehlen von Bohrinstrumenten und den relativ großen Durchmesser der verfügbaren Instrumente begrenzt. Auch die fehlende haptische Rückmeldung kann bei Eingriffen an der vorderen Schädelbasis problematisch sein [12].

## Ausblick

Im Fachbereich der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde ergeben sich einige interessante Einsatzgebiete für die RAC. Ein Großteil der bestehenden Limitationen könnte mit entsprechenden Weiterentwicklungen wahrscheinlich überwunden werden. Letztlich bietet die RAC ein großes Potenzial, welches bei Eingriffen im Kopf-Hals-Bereich ausgeschöpft werden könnte. Die schleppende Verbreitung von TORS in Europa beruht nicht zuletzt auf der angespannten finanziellen Situation bei den nationalen Krankenversicherungen und auf der hohen Expertise bei der Lasermikrochirurgie, mit der ebenfalls transorale Tumorresektionen sicher durchführbar sind. Dennoch besteht ein großes Interesse an der Weiterentwicklung der RAC, was sich u. a. an den vielen wissenschaftlichen Publikationen zu diesem Thema widerspiegelt.

Mit Spannung werden die weiteren technischen Entwicklungen erwartet. Im Fokus dieser Bemühungen müssen das Wohl und der Vorteil der Patienten stehen, welche mit diesen neuartigen Systemen behandelt werden.

### Fazit für die Praxis

- Für die notwendige Adaptation der robotischen Systeme erscheint der Markt im Kopf-Hals-Bereich nicht ausreichend groß zu sein.
- Vorwiegend in Ländern mit geringerer Expertise für die transorale Mikrolaserchirurgie wird transorale robotische Chirurgie

(TORS) zunehmend zum Standard in der Therapie von Oropharynx Tumoren.

- Ein deutlicher Vorteil gegenüber den Standardprozeduren, z. B. der Laserchirurgie, wird durch die aktuelle Literatur noch nicht abgebildet.
- Zudem besteht weiterhin ein deutlicher zeitlicher und finanzieller Mehraufwand.
- Einige Machbarkeitsstudien zeigen das Potenzial, aber auch die Konflikte bei der Anwendung von Robotik in der Kopf-Hals-Chirurgie auf.

### Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. med. P. J. Schuler**

Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde und Kopf-Hals-Chirurgie, Universitätsklinikum Ulm Frauensteige 12, 89075 Ulm, Deutschland  
patrick.schuler@uniklinik-ulm.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** P. J. Schuler, F. Böhm, M. N. Theodoraki, J. Greve und T. K. Hoffmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

1. Annual Report, Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA 2018–2020
2. Boehm F, Graesslin R, Theodoraki MN et al (2021) Current advances in robotics for head and neck surgery—A systematic review. *Cancers* 13(6):1398. <https://doi.org/10.3390/cancers13061398>
3. Bravi CA, Paciotti M, Sarchi L et al (2022) Robot-assisted radical prostatectomy with the novel Hugo robotic system: initial experience and optimal surgical set-up at a tertiary referral robotic center. *Eur Urol* 82:233–237
4. Chauvet D, Hans S, Missistrano A et al (2017) Transoral robotic surgery for sellar tumors: first clinical study. *J Neurosurg* 127:941–948
5. Doazan M, Hans S, Moriniere S et al (2018) Oncologic outcomes with transoral robotic surgery for supraglottic squamous cell carcinoma: results of the French Robotic Surgery Group of GETTEC. *Head Neck* 40:2050–2059
6. Faulkner J, Naidoo R, Arora A et al (2020) Combined robotic transorbital and transnasal approach to the nasopharynx and anterior skull base: feasibility study. *Clin Otolaryngol* 45:630–633
7. Friedrich DT, Modes V, Hoffmann TK et al (2018) Teleoperated tubular continuum robots for transoral surgery—feasibility in a porcine larynx model. *Int J Med Robot* 14(5):e1928. <https://doi.org/10.1002/rcs.1928>
8. Friedrich DT, Scheithauer MO, Greve J et al (2017) Recent advances in robot-assisted head and neck surgery. *Int J Med Robot*. <https://doi.org/10.1002/rcs.1744>
9. Friedrich DT, Sommer F, Scheithauer MO et al (2017) An innovate robotic endoscope guidance system for transnasal sinus and skull base surgery: proof of concept. *J Neurol Surg B Skull Base* 78:466–472
10. Gu X, Li C, Xiao X et al (2019) A compliant transoral surgical robotic system based on a parallel flexible mechanism. *Ann Biomed Eng* 47:1329–1344
11. Henry LE, Haugen TW, Rassekh CH et al (2019) A novel transpalatal-transoral robotic surgery approach to clival chordomas extending into the nasopharynx. *Head Neck* 41:E133–E140
12. Heuermann M, Michael AP, Crosby DL (2020) Robotic skull base surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 53:1077–1089
13. Hoffmann TK (2020) ORATOR study: surgery or radiotherapy for oropharyngeal carcinoma in the context of HPV? *HNO* 68:278–279
14. Hoffmann TK (2022) The ORATOR trials—an update: primary surgery or radiotherapy for HPV-associated oropharyngeal cancer. *HNO* 70(8):579–580. <https://doi.org/10.1007/s00106-022-01195-5>
15. Holsinger FC, Magnuson JS, Weinstein GS et al (2019) A next-generation single-port robotic surgical system for Transoral robotic surgery: results from prospective nonrandomized clinical trials. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 145:1027–1034
16. Kundrat D, Graesslin R, Schoob A et al (2021) Preclinical performance evaluation of a robotic endoscope for non-contact laser surgery. *Ann Biomed Eng* 49:585–600
17. Lawson G, Mendelsohn A, Fakhoury R et al (2018) Transoral robotic surgery total laryngectomy. *Orl J Otorhinolaryngol Relat Spec* 80:171–177
18. Lechien JR, Baudouin R, Circiu MP et al (2022) Transoral robotic cordectomy for glottic carcinoma: a rapid review. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 279(11):5449–5456. <https://doi.org/10.1007/s00405-022-07514-4>
19. Lee SY, Park YM, Byeon HK et al (2014) Comparison of oncologic and functional outcomes after transoral robotic lateral oropharyngectomy versus conventional surgery for T1 to T3 tonsillar cancer. *Head Neck* 36:1138–1145
20. Marinho MM, Harada K, Morita A et al (2020) SmartArm: Integration and validation of a versatile surgical robotic system for constrained workspaces. *Int J Med Robot* 16:e2053
21. Mendelsohn AH, Lawson G (2021) Single-port transoral robotic surgery hypopharyngectomy. *Head Neck* 43:3234–3237
22. Monterossi G, Pedone Anchora L, Gueli Alletti S et al (2022) The first European gynaecological procedure with the new surgical robot Hugo RAS. A total hysterectomy and salpingo-oophorectomy in a woman affected by BRCA-1 mutation. *Facts Views Vis Obgyn* 14:91–94
23. Morisod B, Guinchard AC, Gorphe P et al (2018) Transoral robotic-assisted supracricoid partial laryngectomy with cricohyoidoepiglottopexy: procedure development and outcomes of initial cases. *Head Neck* 40:2254–2262
24. Nichols AC, Theurer J, Prisman E et al (2022) Randomized trial of radiotherapy versus transoral robotic surgery for oropharyngeal squamous cell carcinoma: long-term results of the ORATOR trial. *J Clin Oncol* 40:866–875
25. O'malley BW Jr, Weinstein GS, Snyder W et al (2006) Transoral robotic surgery (TORS) for base of tongue neoplasms. *Laryngoscope* 116:1465–1472
26. Ogiwara T, Goto T, Nagm A et al (2017) Endoscopic endonasal transsphenoidal surgery using the iArmS operation support robot: initial experience in 43 patients. *Neurosurg Focus* 42:E10

27. Orosco RK, Tam K, Nakayama M et al (2019) Transoral supraglottic laryngectomy using a next-generation single-port robotic surgical system. *Head Neck* 41:2143–2147
28. Schild LR, Bohm F, Boos M et al (2021) Adding flexible instrumentation to a curved videolaryngoscope: a novel tool for laryngeal surgery. *Laryngoscope* 131:E561–E568
29. Schuler PJ, Duvvuri U, Friedrich DT et al (2015) First use of a computer-assisted operator-controlled flexible endoscope for transoral surgery. *Laryngoscope* 125:645–648
30. Schuler PJ, Hoffmann TK, Veit JA et al (2017) Hybrid procedure for total laryngectomy with a flexible robot-assisted surgical system. *Int J Med Robot*. <https://doi.org/10.1002/rcs.1749>
31. Schuler PJ, Scheithauer M, Rotter N et al (2015) A single-port operator-controlled flexible endoscope system for endoscopic skull base surgery. *HNO* 63:189–194
32. Swaney PJ, Gilbert HB, Webster RJ 3rd et al (2015) Endonasal skull base tumor removal using concentric tube continuum robots: a phantom study. *J Neurol Surg B Skull Base* 76:145–149
33. Tamaki A, Miles BA, Lango M et al (2018) AHNS series: do you know your guidelines? Review of current knowledge on laryngeal cancer. *Head Neck* 40:170–181
34. Vahl JM, Schuler PJ, Greve J et al (2019) Die Laryngektomie – noch zeitgemäß? *HNO* 67:955–976
35. Wang CC, Liu SA, Wu SH et al (2016) Transoral robotic surgery for early glottic carcinoma involving anterior commissure: preliminary reports. *Head Neck* 38:913–918
36. Weinstein GS, O'malley BW Jr., Snyder W et al (2007) Transoral robotic surgery: radical tonsillectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 133:1220–1226
37. Zappa F, Madoglio A, Ferrari M et al (2021) Hybrid Robotics for Endoscopic Transnasal Skull Base Surgery: Single-Centre Case Series. *Oper Neurosurg* 21:426–435

## Robot-assisted surgery in the head and neck region

**Background:** In head and neck surgery, robot-assisted interventions have not yet become established in clinical routine. This is surprising given the earlier enthusiasm for transoral robot-assisted surgery (TORS) and robotic successes in other specialties such as general surgery, urology and gynaecology.

**Methods:** The review article describes some of the currently available robotic systems for head and neck surgery. For this purpose, a selective literature search was carried out on PubMed using the keywords “head”, “neck”, “TORS”, “robotic surgery”, “oncology” and “skull base”.

**Results:** The currently available systems are not adequately adapted for regular use in the head and neck area due to the anatomically limited space and the sometimes difficult to reach operating areas.

**Conclusion:** The market in the head and neck area does not appear to be large enough for the necessary adaptation. Regional differences must also be taken into account. Robotic surgery in general and TORS are much more widespread in the Anglo-American region than in the European or Asian markets. Nevertheless, some current feasibility studies show the potential, but also the risks in the use of robotics in head and neck surgery.

### Keywords

Robotics · Robotic surgical procedures · Head and neck surgery · Surgical oncology · Skull base