

М.М. Уханов¹,
врач-стоматолог-ортопед

А.В. Иващенко²,
д.м.н., директор

И.М. Федяев³,
д.м.н., профессор кафедры челюстно-
лицевой хирургии и стоматологии

А.Е. Яблоков³,
ординатор кафедры челюстно-лицевой
хирургии и стоматологии

И.Н. Колганов³,
аспирант кафедры челюстно-лицевой
хирургии и стоматологии

В.П. Тлустенко³,
д.м.н., зав. кафедрой ортопедической
стоматологии

¹ Клиника «ДДЦ», Москва

² ООО «Инновационный стоматологический
центр»

³ СамГМУ

Применение робот-ассистированных систем при операциях в области головы и шеи

Резюме. Описана история создания и применения роботов в хирургии. На основе научных публикаций проанализированы возможности применения робот-ассистированных систем при операциях в области головы и шеи. Выделены основные преимущества их применения как для хирурга, так и для пациентов. Проведен обзор результатов минимально-инвазивных робот-ассистированных операций в области головы и горла с доступом через рот. Указана недостаточная распространенность хирургических роботов в России, отсутствие подготовленных специалистов и центров обучения. Предложены меры для внедрения TORS в отечественной медицине.

Ключевые слова: робототехника, роботизированные системы, телемедицина

Summary. The history of the creation and use of robots in surgery is described. Based on scientific publications analyzed the possibility of using robot-assisted systems for operations in the head and neck. The main benefits of their use for both the surgeon and the patient are revealed. The results of minimally invasive robot assisted operations in head and throat with mouth access was reviewed. Insufficient prevalence indicated surgical robots in Russia was noted, and also lack of trained specialists and training centers. Measures for introduction TORS in domestic medicine was offered.

Key words: robotics, robotic systems, telemedicine

В челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии робот-ассистированные системы применяются при операциях в области головы и шеи, а также при установке дентальных имплантатов.

К.Т. Kavanagh в 1994 г. выполнил преclinical исследование по применению робот-ассистированной хирургии в отоларингологии [1]. Было выполнено 5 антростомий на височных костях черепа человека с использованием робота и передачи изображения оперативного поля, измерена точность выполнения отверстий, представлены возможности применения роботизированной хирургии в будущем.

Т.С. Lueth и соавт. в 1998 г. предложили первый действующий робот под названием ОТТО для операций в челюстно-лицевой области [2]. Он представлял собой не отдельное устройство, а комплекс оснащения

операционной, специально разработанные манипуляторы с инструментами и программное обеспечение. Для эксперимента использована операционная в клинике Charite при университете Гумбольдта в Берлине. Операционная была оснащена мобильным компьютерным томографом Philips/Analogic TomoScan M, мощным компьютером с программами для просмотра томограмм и планирования операций Amira-Anaplast, системой оптической локализации ImageGuided PixSys 3000, роботами PUMA 500 для размещения датчиков и контроля и MSS SurgiScope для выполнения операций, оснащенными специальными манипуляторами для фиксации датчиков, жесткого катетера и стоматологического наконечника с электромотором. Несколько экспериментальных операций было выполнено на фантомах и головах свиней.

Подобное исследование на фантомах, но с другим роботом и другим программным обеспечением выполнено также в 1998 г. С.Р. Burghart и соавт. [3–5].

Внедрение в клиническую практику робот-ассистированных операций для удаления новообразований в области головы и шеи и для установки дентальных имплантатов состоялось уже в XXI веке. В обзоре J. de Seulaer и соавт. отмечен резкий рост публикаций о применении робот-ассистированных операций в области головы и шеи с 2009 г. [6]. Однако в России до сих пор такие операции не получили широкого распространения.

Цель статьи — провести анализ возможности применения робот-ассистированных систем при операциях в области головы и шеи.

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ В ОБЛАСТИ ГОЛОВЫ И ШЕИ

Trans Oral Robotic Surgery (TORS) — это методика минимально-инвазивной робот-ассистированной операции, которая позволяет удалять доброкачественные и злокачественные опухоли из полости рта и горла.

История применения TORS в условиях эксперимента на животных начинается с 2003 г., когда В.М. Haus и соавт. выполнили серию операций на шее 4 животных с применением робота da Vinci [7]. В 2005 г. I.K. McLeod и P.C. Melder впервые выполнили операцию в области головы и шеи — удалили фолликулярную кисту при помощи робота с доступом через рот, без создания наружного доступа [8]. В 2006 г. американские ученые В.В. Malley, G.S. Weinstein и соавт. впервые внедрили методику TORS при операциях на трупном материале, а затем выполнили операцию удаления опухоли основания языка с помощью робота внутриротовым доступом у трех пациентов [9].

Первый американский учебный центр по обучению TORS был организован в 2006 г. Программа обучения включала в себя освоение операций на виртуальных фантомах, трупах и наблюдение за реальными клиническими случаями*.

Сейчас для выполнения операций TORS в США и ЕС используются две системы роботов — da Vinci (наиболее часто) и Flex Robotic System [10, 11]. В 2009 г. после ряда публикаций об успешном лечении онкологических заболеваний по методу TORS, FDA выдало разрешение на применение TORS при ранних стадиях онкологических заболеваний T1–T2 [12]. Сейчас фирма Intuitive Surgical (США) разработала уже несколько поколений роботов, так, в 2014 г. выпущен новейший da Vinci Xi. В исследовании M. Alessandrini и соавт. (2018) отмечено, что da Vinci Xi предоставляет клинические преимущества при выполнении операции TORS по удалению карциномы основания языка: более короткое операционное время и меньше потеря крови во время операции по сравнению с предыдущей моделью da Vinci Si [13].

В 2016 г. F.C. Holsinger опубликовал результаты доклинического испытания прототипа робота da Vinci SP на трупах для применения в операции TORS. Эта робот-ассистированная система имела один гибкий манипулятор с инструментами и камерой, что делало ее более эргономичной [14]. В 2018 г. R.K. Tsang и соавт. опубликовали первое клиническое исследование применения робота da Vinci SP для проведения радикальной тонзиллэктомии и иссечения ретрофарингеального лимфатического узла у пациента 63 лет с плоскоклеточной карциномой левой миндалины T1N1M0 [15]. Авторы отметили у da Vinci SP значительный недостаток — отсутствие обратной тактильной чувствительности, приводящее к чрезмерному воздействию на ткани операционного поля.

Основными элементами всех поколений робота da Vinci являются хирургическая часть, стойка визуализации и хирургическая консоль [16, 17]. Хирургическая часть состоит из четырех манипуляторов: одна «рука» удерживает стереоскопическую камеру, другие три удерживают легко заменяемые инструменты EndoWrist.

Стойка визуализации оснащена двумя источниками света, инфулятором, компьютером с программным обеспечением, которое позволяет просматривать трехмерное изображение (DICOM-данные).

Хирургическая консоль воспроизводит два изображения, по одному на каждый глаз, что облегчает восприятие оператором трехмерного операционного поля. Также консоль является интерфейсом для хирурга по управлению хирургическими инструментами и манипуляторами. Консоль оснащена педалями для контроля камеры и захвата инструмента манипулятором, настройки фокуса и электрокоагуляции. Возможна персональная настройка управления. Инструменты EndoWrist управляются хирургом с главной консоли и обеспечивают 7 степеней свободы, включая угловой поворот вокруг вертикальной оси и вращение вокруг продольной оси, 2 дополнительные степени свободы в запястьи и 2 других для приведения инструмента в действие, против 4 степеней свободы у эндоскопических инструментов только [18].

После введения в анестезию хирург устанавливает ретрактор в полости рта пациента, чтобы достичь качественной визуализации оперативного доступа в полости рта пациента [16, 17].

Преимущества TORS

Клинические преимущества для пациентов:

- предотвращение обезображивающего удаления нижней челюсти [16, 19];
- предотвращение трахеостомии [9];
- более быстрое восстановление артикуляции [20];
- значительное сокращение времени операции [21];
- более короткая госпитализация [9];
- сокращение времени послеоперационной реабилитации [9];
- минимизация или устранение необходимости химиолучевой терапии [9, 20];

* <https://oto.med.upenn.edu/education/62-2/>

- сниженный риск долговременных проблем с глотанием (чаще всего наблюдается при химиолучевом облучении или традиционной открытой хирургии) [21];
- меньше осложнений по сравнению с традиционной открытой хирургией [21];
- меньше рубцов по сравнению с традиционной открытой хирургией [9];
- меньший риск инфицирования раны [9].

Преимущества для хирурга:

- Улучшенная 3D-визуализация высокого разрешения, позволяющая выполнять точное рассечение тканей. Трехмерная визуализация и десятикратное увеличение изображения операционного поля усиливают глубину поля и четкость плоскостей тканей во время рассечения [22]. Это особенно полезно при операции в области головы и шеи или у детей из-за малого размера операционного поля и невозможности маневра инструментов и камеры в нем. Это также помогает для различения типов тканей при онкологической диссекции [23].
- Устранение физиологического дрожания и дыхательного движения. Хирургическая система устраняет тремор хирурга через аппаратные и программные фильтры. Кроме того, движения могут быть масштабированы, в результате чего большие перемещения могут быть переведены в микродвижения внутри операционного поля, что позволяет хирургу выполнять операцию с большей точностью [24].
- Исключены проблемы прямой видимости, необходимой для стандартной микроскопной трансоральной лазерной хирургии, за счет угловых телескопов и крутящихся инструментов [16].
- У инструментов EndoWrist 7 степеней свободы, что повышает ловкость, позволяя маневренность, приближающуюся к открытой хирургии [17].
- Максимальное сохранение функции и точное определение объема оперативного вмешательства для полного удаления опухоли [16].
- Восстанавливает правильную координацию рук и глаз. Роботизированная система устраняет «эффект центра вращения» эндоскопической хирургии и делает манипуляции с инструментом и камерой интуитивно более понятными, имитируя открытую хирургию [25].
- С момента начала роботизированной хирургии преодоление географических ограничений и недоступности специалистов было главной целью. J. Marescaux и соавт. (2002) описали возможность и безопасность выполнения робот-ассистированной лапароскопической холецистэктомии на расстоянии с использованием высокоскоростной связи между хирургическим отделением в Страсбурге и хирургической консолью в Нью-Йорке [26]. Телехирургия позволяет преодолеть эти барьеры, а также предлагает новые возможности для обучения и репетиторства.
- Роботизированная система предоставляет возможности для обучения. Опытный хирург может

использовать другую консоль рядом со стажером, которая может быть активирована для управления главными или вспомогательными манипуляторами. Vinci Skills Simulator может быть подключен к консоли, что позволяет создать виртуальную среду обучения, сохраняя тот же роботизированный интерфейс [27].

Основные анатомические области, в которых может выполняться операция TORS [16]:

- Ротоглотка и основание черепа
 - Миндалины
 - Основание языка
 - Небо
 - Стенка глотки
 - Парафарингеальное пространство
- Гортань и гортаноглотка
 - Преддверие полости гортани
 - Гортанная щель
 - Грушевидная пазуха
 - Стенка глотки.

Противопоказания к выполнению TORS с применением робота da Vinci [16]:

- детский возраст;
- плохое открытие полости рта (менее 1,5 см);
- вовлечение основания языка, требующее резекции более 50% основания языка;
- поражение стенки глотки, требующее резекции более 50% стенки глотки;
- рентгенологическое подтверждение поражения сонной артерии;
- фиксация опухоли к паравертебральной фасции.

Удаление злокачественных новообразований в области головы и шеи

Первые операции TORS в качестве лечения рака были выполнены для удаления злокачественной опухоли основания языка [9]. В 2007 г. группа G.S. Weinstein опубликовала данные о лечении 27 пациентов: в 93% случаев после радикальной тонзиллэктомии методом TORS достигнуты чистые края резекции, хорошее глотание и отсутствие гастростомы было у большинства пациентов — 96% [20]. В 2007 г. G.S. Weinstein и соавт. представили результаты использования TORS для частичной надглоточной ларингэктомии [28]. В 2009 г. В.А. Boudreaux и соавт. продемонстрировали успешное удаление опухолей методом TORS в ротовой полости, ротоглотке, гортаноглотке и гортани [29].

TORS все чаще используется в последние годы в отоларингологии для удаления злокачественных опухолей ротоглотки. Впервые операции TORS по удалению злокачественных опухолей в окологлоточном пространстве выполнили В.В. О'Malley и соавт. в 2010 г. [30]. Показания к TORS расширились до лечения опухолей парафарингеального пространства, опухолей щитовидной и паращитовидной железы, новообразования слюнных желез [6, 31–33]. М.Г. Maglione и соавт. (2018) представили серию клинических случаев по удалению доброкачественных опухолей окологлоточного пространства

методом TORS [34]. В последние годы описано использование TORS для операций в области ретрофарингеального пространства (преимущества — предотвращение трансцервикального разреза и уменьшение риска повреждения основных сосудов шеи и нижних черепных нервов): удаление метастатического папиллярного рака щитовидной железы, первичного плоскоклеточного рака задней стенки глотки и доброкачественных опухолей ретрофарингеального пространства [33, 35, 36].

S.E. Ford и соавт. (2014) выполнили ретроспективное когортное сравнительное исследование среди 130 пациентов с окологлоточной плоскоклеточной карциномой с октября 2004 по март 2012 г. [37]. Половине пациентов была выполнена операция TORS, а остальным — традиционная открытая операция и дополнительная терапия. В целом пациенты после операции TORS выживали чаще, чем после открытой операции — 94, 91 и 89% через 1, 2 и 3 года соответственно против 85, 75 и 73% ($p=0,35$). В подгруппе пациентов с ВПЧ-отрицательным статусом выживаемость после открытой хирургии была еще меньше (58, 25 и 25% через 1, 2 и 3 года). Был сделан вывод, что онкологические результаты не приносятся в жертву, когда пациенты с окологлоточной плоскоклеточной карциномой лечатся TORS вместо открытой хирургии, независимо от ВПЧ-статуса пациента.

S. Dabas и соавт. (2017) представили проспективное исследование отдаленных онкологических результатов у пациентов с T1—T2N0 злокачественными, ВПЧ-отрицательными опухолями ротоглотки, где единственным методом лечения была операция TORS [38]. Всего в исследовании участвовало 57 пациентов (48 мужчин и 9 женщин), большинство (31 пациент) с раком основания языка, 24 пациента с опухолью на стадии T1 и 33 на стадии T2. За время наблюдения у 2 пациентов случился региональный рецидив и у 1 отдаленный метастаз, 2 пациента умерли по причинам, не связанным с онкологией. Через 29 месяцев 43 (89,6%) пациента оказались свободны от опухоли, и общая выживаемость за 29 месяцев составила 93,8%. Было выявлено, что TORS в качестве единственного метода лечения является хорошим вариантом для лечения ВПЧ-отрицательных ранних резектируемых злокачественных новообразований ротоглотки, которые относительно невосприимчивы к облучению. TORS можно применять для снижения интенсивности лечения рака ротоглотки на ранней стадии и предотвращения ранней и поздней токсичности лучевой/химиолучевой терапии.

O. Mahmoud и соавт. (2018) выполнили большое ретроспективное исследование 1873 пациентов с окологлоточной плоскоклеточной карциномой, из которых 73% были ВПЧ-позитивны и 30% лечились с использованием TORS [39]. Среди ВПЧ-позитивных пациентов не было разницы в трехлетней выживаемости среди тех, кому вначале сделали TORS без или с последующей терапией, и среди тех, кто получил только радио- и химиотерапию — 95% и 91% ($p=0,116$). Однако среди ВПЧ-отрицательных пациентов, подвергшихся TORS операции, трехлетняя выживаемость была значительно

выше (84%), чем в группе, получивших радио- и химиотерапию (66%, $p=0,01$).

Удаление ларингоцеле

Ларингоцеле — это доброкачественная, кистообразная опухоль, развивающаяся из морганиевых желудочков гортани. Она бывает внутренней, наружной и комбинированной [40]. Обычно наружное и комбинированное ларингоцеле удаляется через наружный подход, а внутреннее — эндоларингеальным методом при прямой ларингоскопии. Первые публикации об успешном применении TORS для удаления ларингоцеле относятся к 2013 г. [41]. В отличие от операций с наружным доступом, TORS позволяет избежать появления послеоперационного рубца на шее, сохраняет в целости каркас гортани и мускулатуру [42–45]. Кроме того, у пациентов с TORS короче время операции, нет необходимости создания трахеостомы или гастростомы, меньше время пребывания в стационаре и раньше начинается прием пищи [41, 42, 46]. По сравнению с эндоскопической микроларингоскопией TORS обеспечивает превосходную трехмерную визуализацию с помощью дополнительной роботической руки для смещения и манипулирования тканями [42, 44, 47]. Тонкие движения руки при микроларингоскопии заменяются на точные движения робота [47].

Лечение тонзиллита язычной миндалины

F. Montevicchi и соавт. (2017) представили свой опыт удаления язычной миндалины при помощи TORS у 10 пациентов с тонзиллитом с февраля 2012 по апрель 2014 г. [48]. В тех случаях, когда тонзиллит язычной миндалины не поддается лечению стандартной лекарственной терапией, показано удаление язычной миндалины. В прошлом операция по удалению язычной миндалины считалась опасной из-за возможности обильного кровотечения при использовании холодных режущих инструментов. С появлением электрокоагуляции и CO₂-лазера операция стала менее сложной, хотя риск кровотечения остается еще достаточно высоким. По мнению авторов, удаление язычной миндалины с роботом da Vinci легче и надежнее, благодаря трехмерному обзору и возможности маневрировать инструментами во всех направлениях.

Лечение ночного апноэ

Синдром обструктивного ночного апноэ — недооцененная, но серьезная проблема для здоровья, которая трудно поддается лечению. Этот синдром снижает качество жизни и вызывает сердечно-сосудистые и цереброваскулярные заболевания. С. Vicini и соавт. (2010) представили положительный опыт применения TORS при резекции основания языка для лечения обструктивного ночного апноэ: у 10 пациентов после операции значительно уменьшился индекс АНИ — $38,3 \pm 23,5$ до операции и $20,6 \pm 17,3$ после [49]. F.T. Kayhan и соавт. (2016) успешно выполнили лечение обструктивного ночного апноэ резекцией основания языка и пластикой верхнего отдела гортани у 25 пациентов методом TORS [50].

A. Agora и соавт. (2016) представили положительный опыт лечения ночного обструктивного апноэ, неподдающегося обычному лечению, методом TORS [51]. S.C. Miller и соавт. (2017) представили систематический обзор исследований лечения обструктивного ночного апноэ методом TORS, включавший 6 статей и результаты лечения 353 пациентов [52]. Выявлено, что метод TORS успешен в большинстве случаев.

TORS В РОССИИ

В России первая операция с использованием робота da Vinci выполнена в 2007 г. На начало июля 2018 г. в различных клиниках функционирует 25 роботов. Планируется создать учебный центр роботической хирургии на базе РАН, ведется разработка российского хирургического робота*.

В России операции TORS с роботом da Vinci выполняются в клинике пластической хирургии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва) под руководством акад. РАН, д.м.н. И.В. Решетова. С мая 2016 по октябрь 2017 г. выполнено 9 операций с трансоральным доступом для удаления злокачественных опухолей: 7 — в ротоглотке и 2 — в полости носа. Отмечены преимущества TORS для хирурга: малоинвазивность, точность хирургических действий, улучшенная система визуализации и возможность применения усовершенствованного хирургического инструментария, и пациента: отсутствие видимых шрамов и рубцов на лице, полное восстановление утраченных функций, сокращение сроков госпитализации и быстрое возвращение к привычному образу жизни [53—55].

Эффективность применения робот-ассистированных операций в различных областях медицины

Область головы и шеи наиболее насыщена сосудами и нервами и имеет самый трудный доступ для оперативных вмешательств. Отсутствие широкого внедрения TORS в России, по нашему мнению, связано в том числе

* <https://scientificrussia.ru/articles/ran-planiruet-sozdat-trenirovochnyj-tsentr-robotizirovannoj-medititsiny>

с тем, что хирурги-стоматологи в отличие от хирургов других специальностей не имеют опыта выполнения лапароскопических операций, когда хирург ориентируется на изображение в мониторе. Без обучения за рубежом и создания федерального российского учебного центра, на базе которого можно будет проходить длительное виртуальное и реальное обучение, внедрение операций TORS невозможно.

На наш взгляд, необходимо принимать следующие меры для внедрения TORS в России:

- создать федеральный учебный центр по операциям TORS на базе какого-либо медицинского университета с привлечением стоматологов-челюстно-лицевых хирургов и хирургов-отоларингологов;
- обучить несколько ведущих хирургов-стоматологов и отоларингологов в учебных центрах TORS в США и Европе для работы в российском учебном центре;
- оснастить учебный центр роботом da Vinci с учебной консолью и Flex Robotic System;
- постепенно оснастить хирургическими роботами ведущие клиники России, выполняющие операции в области головы и шеи, с обучением хирургов в российском центре TORS;
- разработать, изучить и внедрить собственный хирургический робот для операций TORS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Робот-ассистированные операции в области головы и шеи обладают значительными клиническими и экономическими преимуществами по сравнению с традиционными методами хирургического лечения в этой области. В связи с эпидемией папилломавируса и значительным ростом заболеваемости злокачественными новообразованиями ротоглотки среди мужчин работоспособного возраста, внедрение операций TORS приобретает важную роль.

Появление и внедрение операций TORS в России, на наш взгляд, не представляется возможным без инициативы и контроля со стороны Правительства РФ. Мы предлагаем создание федерального учебного центра по операциям TORS в области головы и шеи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kavanagh K.T. Applications of image-directed robotics in otolaryngologic surgery. — *Laryngoscope*. — 1994; 104 (3 Pt 1): 283—93.
2. Lueth T.C. et al. A surgical robot system for maxillofacial surgery. — In: Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. — Pp. 2470—2475.
3. Burghart C.R. et al. A system for robot assisted maxillofacial surgery. — In: Westwood et al. (ed.) «Medicine meets virtual reality». — IOS Press, 1998. — Pp. 220—226.
4. Raczkowski J., Bohner P., Burghart C., Grabowski H. Planning and simulation of medical robot tasks. — *Stud Health Technol Inform*. — 1998; 50: 209—14.
5. Burghart C.R., Muenchenberg J.E., Rembold U. A system for robot assisted maxillofacial surgery. — *Stud Health Technol Inform*. — 1998; 50: 220—6.

6. De Ceulaer J., De Clercq C., Swennen G.R. Robotic surgery in oral and maxillofacial, craniofacial and head and neck surgery: a systematic review of the literature. — *Int J Oral Maxillofac Surg*. — 2012; 41 (11): 1311—24.
7. Haus B.M., Kambham N. et al. Surgical robotic applications in otolaryngology. — *Laryngoscope*. — 2003; 113 (7): 1139—44. DOI: 10.1097/00005537-200307000-00008.
8. McLeod I.K., Melder P.C. Da Vinci robot-assisted excision of a vallecular cyst: a case report. — *Ear Nose Throat J*. — 2005; 84 (3): 170—2.
9. O'Malley B.W., Weinstein G.S., Snyder W., Hockstein N.G. Transoral robotic surgery (TORS) for base of tongue neoplasms. — *Laryngoscope*. — 2006; 116 (8): 1465—72.
10. Poon H., Li C., Gao W., Ren H., Lim C.M. Evolution of robotic systems for transoral head and neck surgery. — *Oral Oncol*. — 2018; 87: 82—8.

11. Friedrich D.T. et al. Recent advances in robot-assisted head and neck surgery. — *Int J Med Robot.* — 2017; 13 (2). — Epub 2016 Mar 16.
12. Cracchiolo J.R., Roman B.R. et al. Adoption of transoral robotic surgery compared with other surgical modalities for treatment of oropharyngeal squamous cell carcinoma. — *J Surg Oncol.* — 2016; 114 (4): 405—11.
13. Alessandrini M., Pavone I., Micarelli A., Caporale C. Transoral robotic surgery for the base of tongue squamous cell carcinoma: a preliminary comparison between da Vinci Xi and Si. — *J Robot Surg.* — 2018; 12 (3): 417—23.
14. Holsinger F.C. A flexible, single-arm robotic surgical system for transoral resection of the tonsil and lateral pharyngeal wall: Next-generation robotic head and neck surgery. — *Laryngoscope.* — 2016; 126 (4): 864—9.
15. Tsang R.K., Wong E.W.Y., Chan J.Y.K. Transoral radical tonsillectomy and retropharyngeal lymph node dissection with a flexible next generation robotic surgical system. — *Head Neck.* — 2018; 40 (6): 1296—8.
16. Weinstein G.S., O'Malley B.W. da Vinci® Transoral Surgery Procedure Guide. — Intuitive Surgical Training Publication, August 2008. — 31 p.
17. Oliveira C.M., Nguyen H.T., Ferraz A.R., Watters K., Rosman B., Rahbar R. Robotic surgery in otolaryngology and head and neck surgery: a review. — *Minim Invasive Surg.* — 2012; 2012: 286563. doi: 10.1155/2012/286563.
18. Lanfranco A.R. et al. Robotic surgery: a current perspective. — *Ann Surg.* — 2004; 239 (1): 14—21.
19. Borumandi F., Heliotis M., Kerawala C. et al. Role of robotic surgery in oral and maxillofacial, and head and neck surgery. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2012; 50 (5): 389—93.
20. Weinstein G.S., O'Malley B.W., Snyder W., Sherman E., Quon H. Transoral robotic surgery: radical tonsillectomy. — *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2007; 133 (12): 1220—6. DOI: 10.1001/archotol.133.12.1220.
21. Weinstein G.S., O'Malley B.W. Transoral robotic surgery (TORS). — Plural Pub, 2011. — 253 p.
22. Dion Y.M., Gaillard F. Visual integration of data and basic motor skills under laparoscopy. Influence of 2-D and 3-D video-camera systems. — *Surg Endosc.* — 1997; 11 (10): 995—1000.
23. Lawson G., Matar N., Remacle M., Jamart J., Bachy V. Transoral robotic surgery for the management of head and neck tumors: learning curve. — *Eur Arch Otorhinolaryngol.* — 2011; 268 (12): 1795—801.
24. Kim V.B., Chapman W.H., Albrecht R.J., Bailey B.M., Young J.A., Nifong L.W., Chitwood W.R. jr. Early experience with telemanipulative robot-assisted laparoscopic cholecystectomy using da Vinci. — *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* — 2002; 12 (1): 33—40.
25. Prasad S.M., Ducko C.T., Stephenson E.R., Chambers C.E., Damiano R.J. jr. Prospective clinical trial of robotically assisted endoscopic coronary grafting with 1-year follow-up. — *Ann Surg.* — 2001; 233 (6): 725—32.
26. Marescaux J., Leroy J., Rubino F., Smith M., Vix M., Simone M., Mutter D. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications. — *Ann Surg.* — 2002; 235 (4): 487—92.
27. Feifer A., Al-Ammari A., Kovac E., Delisle J., Carrier S., Anidjar M. Randomized controlled trial of virtual reality and hybrid simulation for robotic surgical training. — *BJU Int.* — 2011; 108 (10): 1652—6.
28. Weinstein G.S., O'Malley B.W. et al. Transoral robotic surgery: supraglottic partial laryngectomy. — *Ann Otol Rhinol Laryngol.* — 2007; 116 (1): 19—23.
29. Boudreaux B.A. et al. Robot-assisted surgery for upper aerodigestive tract neoplasms. — *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2009; 135 (4): 397—401.
30. O'Malley B.W., Quon H., Leonhardt F.D., Chalian A.A., Weinstein G.S. Transoral robotic surgery for parapharyngeal space tumors. — *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* — 2010; 72 (6): 332—6. DOI: 10.1159/000320596
31. Moore E.J., Ebrahimi A., Price D.L., Olsen K.D. Retropharyngeal lymph node dissection in oropharyngeal cancer treated with transoral robotic surgery. — *Laryngoscope.* — 2013; 123 (7): 1676—81.
32. Goepfert R.P., Liu C., Ryan W.R. Trans-oral robotic surgery and surgeon-performed trans-oral ultrasound for intraoperative location and excision of an isolated retropharyngeal lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma. — *Am J Otolaryngol.* — 2015; 36 (5): 710—4.
33. Givi B., Troob S.H. et al. Transoral robotic retropharyngeal node dissection. — *Head Neck.* — 2016; 38 (Suppl 1): E981—6. doi: 10.1002/hed.24140.
34. Maglione M.G. et al. Transoral robotic surgery of parapharyngeal space tumours: a series of four cases. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2018; 47 (8): 971—5.
35. Bearnelly S. et al. Transoral robotic-assisted surgical excision of a retropharyngeal parathyroid adenoma: a case report. — *Head Neck.* — 2015; 37 (11): E150—2.
36. Kane A.C., Walvekar R.R., Hotaling J.M. Transoral robotic resection of a retropharyngeal parathyroid adenoma: a case report. — *J Robot Surg.* — 2019; 13 (2): 335—8.
37. Ford S.E. et al. Transoral robotic versus open surgical approaches to oropharyngeal squamous cell carcinoma by human papillomavirus status. — *Otolaryngol Head Neck Surg.* — 2014; 151 (4): 606—11.
38. Dabas S., Gupta K., Ranjan R., Sharma A.K., Shukla H., Dinesh A. Oncological outcome following de-intensification of treatment for stage I and II HPV negative oropharyngeal cancers with transoral robotic surgery (TORS): A prospective trial. — *Oral Oncol.* — 2017; 69: 80—3.
39. Mahmoud O., Sung K., Civantos F.J., Thomas G.R., Samuels M.A. Transoral robotic surgery for oropharyngeal squamous cell carcinoma in the era of human papillomavirus. — *Head Neck.* — 2018; 40 (4): 710—21.
40. DeSanto L.W. Laryngocele, laryngeal mucocele, large saccules, and laryngeal saccular cysts: a developmental spectrum. — *Laryngoscope.* — 1974; 84 (8): 1291—6.
41. Ciabatti P.G., Burali G., D'Ascanio L. Transoral robotic surgery for large mixed laryngocele. — *Laryngol Otol.* — 2013; 127 (4): 435—7.
42. Kayhan F.T., Güneş S., Koç A.K., Yiğider A.P., Kaya K.H. Management of laryngoceles by transoral robotic approach. — *J Craniofac Surg.* — 2016; 27 (4): 981—5.
43. Villeneuve A. et al. Management of laryngoceles by transoral robotic surgery. — *Eur Arch Otorhinolaryngol.* — 2016; 273 (11): 3813—7.
44. Lisan Q., Hoffmann C., Jouffroy T., Hans S. Combined laser and robotic approach for the management of a mixed laryngomucocele. — *J Robot Surg.* — 2016; 10 (1): 81—3.
45. Patel K.B., Lin C., Kramer S., Fada C., Ozer E. Transoral robotic excision of laryngocele: Surgical considerations. — *Head Neck.* — 2019; 41 (4): 1140—3.
46. Thomé R., Thomé D.C., De La Cortina R.A. Lateral thyrotomy approach on the paraglottic space for laryngocele resection. — *Laryngoscope.* — 2000; 110 (3 Pt 1): 447—50.
47. Genden E.M., O'Malley B.W., Weinstein G.S. et al. Transoral robotic surgery: role in the management of upper aerodigestive tract tumors. — *Head Neck.* — 2012; 34 (6): 886—93.
48. Montevecchi F. et al. Trans-oral robotic surgery (TORS) for the treatment of lingual tonsillitis. When conventional therapies fail. — *Int J Med Robot.* — 2017; 13 (3). — Epub 2016 Aug 2.
49. Vicini C., Dallan I., Canzi P., Frassinetti S. et al. Transoral robotic tongue base resection in obstructive sleep apnoea-hypopnoea syndrome: a preliminary report. — *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* — 2010; 72 (1): 22—7.
50. Kayhan F.T., Kaya K.H., Koç A.K., Yegin Y., Yazici Z.M., Türkeli S., Sayin I. Multilevel combined surgery with transoral robotic surgery for obstructive sleep apnea syndrome. — *J Craniofac Surg.* — 2016; 27 (4): 1044—8.
51. Arora A., Chaidas K., Garas G., Amlani A., Darzi A., Kotecha B., Tolley N.S. Outcome of TORS to tongue base and epiglottis in patients with OSA intolerant of conventional treatment. — *Sleep Breath.* — 2016; 20 (2): 739—47.
52. Miller S.C., Nguyen S.A., Ong A.A., Gillespie M.B. Transoral robotic base of tongue reduction for obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. — *Laryngoscope.* — 2017; 127 (1): 258—65.
53. Решетов И.В., Сукорцева Н.С., Шевалгин А.А., Святославов Д.С., Насиловский П.А. Реконструктивно-пластические операции с использованием роботической техники. — *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* — 2017; 1: 123.
54. Решетов И.В. и др. Робот-ассистированные вмешательства в лечении злокачественных новообразований головы и шеи. — *Онкология.* — 2018; 2: 43—50.
55. Решетов И.В., Сукорцева Н.С., Шевалгин А.А., Святославов Д.С., Насиловский П.А. Робот-ассистированная резекция ротоглотки. — *Вестник отоларингологии.* — 2018; 5: 36—9.