

Диагностика

трудных дыхательных путей:
обзор литературы

А.Ю. Зайцев^{1,2,*}, Э.Г. Усикян¹, К.В. Дубровин^{1,2},
В.А. Светлов¹, М.А. Выжигина^{1,2}, С.Г. Жукова^{1,2}

¹ ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Россия

² ФGAOУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Реферат

АКТУАЛЬНОСТЬ: Осложнения, возникающие при под- держании проходимости дыхательных путей, в практике анестезиолога-реаниматолога остаются наиболее опас- ными для жизни и здоровья пациента. Проблема про- гнозирования трудных дыхательных путей (ТДП) изуча- ется не одно десятилетие, однако до сих пор не решена. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Провести анализ литературы по теме диагностики ТДП. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** Литературный поиск по базам данных PubMed (MEDLINE), eLibrary, Google Scholar проводился за период с января 1985 г. по январь 2022 г. по ключевым словам: difficult airways prediction, difficult airways, difficult intubation, mask ventilation, endoscopy intubation, ultrasound, com- puted tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), трудные дыхательные пути, трудная интубация, трудная ларингоскопия, масочная вентиляция, ультразвуковая диагностика, компьютерная томография (КТ), магнитно- резонансная томография (МРТ). Критерии включения: оригинальные, обзорные статьи, рандомизированные и нерандомизированные клинические исследования, метаанализы и систематические обзоры, посвященные диагностике ТДП. Критерии исключения: клинические случаи, комментарии к статьям, авторефераты дис- сертационных работ. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** Анализ литерату- ры показал, что на сегодняшний день в практике врача анестезиолога-реаниматолога не существует убедитель- ных тестов и симптомов диагностики ТДП. Инструмен- тальные методы исследования позволяют с большей уве- ренностью диагностировать трудные дыхательные пути при различных клинических ситуациях и у различных ка- тегорий пациентов. Толщина языка, расстояние от кожи до надгортанника или голосовых складок, длинный над- гортанник могут достаточно точно предсказывать труд- ности на различных этапах поддержания проходимости

Diagnosis of difficult airways:
a review

A. Yu. Zaytsev^{1,2,*}, E.G. Usikyan¹, K.V. Dubrovin^{1,2},
V.A. Svetlov¹, M.A. Vyzhigina^{1,2}, S.G. Zhukova^{1,2}

¹ Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

² Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Abstract

INTRODUCTION: Complications arising from maintaining the patency of the upper airways in the practice of an anes- thetist remain the most dangerous for the life and health of the patient. The problem of predicting difficult airways has been studied for decades and has not yet been solved. **OBJECTIVE:** To analyze the problem of the difficult airways diagnosis. **MATERIALS AND METHODS:** There was search on PubMed (MEDLINE), eLibrary, Google Scholar databases for the period 01.1985–01.2022. Keywords: Difficult airways prediction, difficult airways, difficult intubation, mask ven- tilation, endoscopy intubation, ultrasound, computed to- mography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), difficult airways, difficult intubation, difficult laryngoscopy, mask ventilation, ultrasound diagnostics, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI). Inclusion criteria: original, review articles, randomized and non-randomized clinical trials, meta-analyses and systematic reviews devoted to the diagnosis of TDP. Exclusion criteria: clinical cases, comments on articles, abstracts of dissertations. **RESULTS:** Measurement of various distances, tests for congenital or ac- quired deformity of the facial skull and malocclusion, tests for the relationship between the structures of the facial skull and the cervical spine, for the most part, have limited diag- nostic effectiveness. The instrumental methods allows diag- nosing difficult airways with greater confidence. The thick- ness of the tongue, the distance from the skin to the epiglottis or vocal folds, and the long epiglottis can accurately predict difficulties at various stages of maintaining airways from face mask ventilation to laryngoscopy and tracheal intubation. Ul- trasonography should be considered the most optimal meth- od for diagnosing difficult airways. At the same time, less ac- curate indicators compared to magnetic resonance and x-ray studies should not stop clinicians, as they are compensated by a faster examination. **CONCLUSIONS:** Instrumental

дыхательных путей от вентиляции лицевой маской до ларингоскопии и интубации трахеи. Наиболее оптимальным методом диагностики ТДП следует считать ультразвуковое исследование, которое в отличие от рентгенологических и магнитно-резонансных методов могут проводиться практически в любых условиях. **Выводы:** Инструментальные методы диагностики ТДП более эффективны по сравнению с физикальными.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трудные дыхательные пути, трудная интубация, диагностика, ультразвуковое исследование, рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография

* *Для корреспонденции:* Зайцев Андрей Юрьевич — д-р мед. наук, заведующий отделением анестезиологии-реанимации I, ГНЦ РФ ФГБНУ РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ИКМ, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия; e-mail: zaytsev_a_yu_1@staff.sechenov.ru

☑ *Для цитирования:* Зайцев А.Ю., Усикян Э.Г., Дубровин К.В., Светлов В.А., Выжигина М.А., Жукова С.Г. Диагностика трудных дыхательных путей: обзор литературы. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2023;4:149–168. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-149-168>

📅 *Поступила:* 19.02.2023

📅 *Принята к печати:* 04.09.2023

📅 *Дата онлайн-публикации:* 31.10.2023

methods for difficult airways diagnosis are more effective than physical ones.

KEYWORDS: difficult intubation, unexpected difficult airway, diagnosis, ultrasonography, X-ray, magnetic resonance imaging

* *For correspondence:* Andrey Yu.Zaytsev — M.D., chief of anesthesia-reanimation I department, Petrovsky National Research Centre of Surgery, professor of anesthesiology and reanimatology department ICM, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia; e-mail: zaytsev_a_yu_1@staff.sechenov.ru

☑ *For citation:* Zaytsev A. Yu., Usikyan E.G., Dubrovin K.V., Svetlov V.A., Vyzhigina M.A., Zhukova S.G. Diagnosis of difficult airways: a review. Annals of Critical Care. 2023;4:149–168. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2023-4-149-168>

📅 *Received:* 19.02.2023

📅 *Accepted:* 04.09.2023

📅 *Published online:* 31.10.2023

DOI: 10.21320/1818-474X-2023-4-149-168

Введение

Обеспечение поддержания проходимости дыхательных путей (ППДП) при проведении анестезии или лечения в отделении интенсивной терапии является ответственным этапом, во время которого здоровье пациента подвергается значительному риску. К осложнениям при ППДП можно отнести как местные повреждения мягких тканей и костных структур, связанные с многократными попытками установки воздуховода, так и системные, обусловленные гипоксическим повреждением органов, в первую очередь головного мозга и миокарда, в случае развития ситуации «не могу интубировать, не могу вентилировать». Актуальность проблемы подчеркивает сохранение высокой частоты развития трудной и неудавшейся интубации. Примером может служить исследование R. Schnittker (2020). Из проанализированных данных 861 533 пациентов, которым выполняли общую анесте-

зию, у 4092 была трудная или неудавшаяся интубация (0,43 %) [1]. Ситуация «не могу интубировать, не могу вентилировать» встречается редко, по мнению ряда авторов, от 0,01–0,07 % [2] до 2,3 % на 1000 интубаций [3]. Тем не менее ее возникновение является прямой угрозой жизни пациента.

Существующие методы диагностики можно разделить на физикальные и инструментальные. Изучение и понимание многообразия и эффективности современных методов диагностики трудных дыхательных путей (ТДП) позволит избежать возникновения жизнеугрожающих ситуаций.

Цель исследования

Провести анализ литературы по теме диагностики трудных дыхательных путей.

Материалы и методы

Литературный поиск осуществлялся по базам данных PubMed (MEDLINE), eLibrary, Google Scholar за период с января 1985 г. по январь 2022 г. Ключевыми словами для поиска были: difficult airways prediction, difficult airways, difficult intubation, mask ventilation, endoscopy intubation, ultrasound, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), трудные дыхательные пути, трудная интубация, трудная ларингоскопия (ТЛС), масочная вентиляция, ультразвуковая диагностика, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ).

Критерии включения: оригинальные, обзорные статьи, рандомизированные и нерандомизированные клинические исследования, метаанализы и систематические обзоры, посвященные диагностике ТДП.

Критерии исключения: клинические случаи, комментарии к статьям, авторефераты диссертационных работ.

Результаты и обсуждение

По результатам литературного поиска было идентифицировано 1804 источника, отобрано по результатам скрининга — 238, после удаления комментариев к статьям, авторефератов, дублирующих исследований, пропущенных при проведении скрининга, включены в исследование 76 источников. Результаты литературного поиска отражены в блок-схеме PRISMA (рис. 1).

Статья была разделена по результатам исследования, связанным с физикальной оценкой ТДП в виде прогностических оценочных шкал и отдельных признаков, а также инструментальных методов диагностики ТДП, к которым относили рентгенологические и ультразвуковые методы исследования.

Физикальные методы диагностики трудных дыхательных путей

В настоящее время существует множество тестов и оценочных шкал диагностики ТДП. Однако их диагностическая ценность остается низкой либо эти методы применяются крайне редко. В свою очередь, анестезиологическое сообщество не спешит применять различные оценочные шкалы в своей практике, считая их бесполезными и увеличивающими время осмотра. В большинстве случаев при осмотре применяется модифицированная шкала Маллампати, которая может прогнозировать только ТЛС из-за высокого стояния корня языка и плохое открытие рта (межрезцовое расстояние). Остальные методы осмотра либо не используются, либо применяются энтузиастами своего дела. Однако использование данных методов может существенно улучшить



Рис. 1. Блок-схема PRISMA

Fig. 1. PRISMA flow diagram

прогностическую эффективность осмотра анестезиолога, определить последующую эффективную тактику ларингоскопии и интубации трахеи (интубация в сознании, применение видеоклинок) и впоследствии избежать ТЛС и интубации трахеи.

Тест Маллампати

Тест Маллампати был разработан Seshagiri Rao Mallampati в 1985 г. [4] и представляет собой трехуровневую графическую шкалу для прогнозирования трудной интубации (ТИ) перед общей анестезией. В настоящее время шкала часто применяется во всем мире. В основе данного теста лежит корреляция между визуализацией структур гортаноглотки при прямой ларингоскопии и объемом мягких тканей ротовой полости. Оценка производится косвенно — по степени визуализации задней стенки глотки при широком открывании рта. В 1987 г. G.L. Samssoon и J.R. Young модифицировали шкалу, сделав ее четырехуровневой [5].

Как уже отмечалось, суть метода заключается во взаимоотношении тканей глотки и гортани. Большой язык (макроглоссия), недоразвитый маленький язык (микроглоссия) или смещение его кзади (глоссоптоз) и, как следствие, большой корень языка зачастую возникают

при микрогнатии нижней челюсти. В свою очередь, микрогнатия нижней челюсти приводит к нарушению прикуса II класса по Э. Энгля и в большинстве случаев возникает из-за генетической предрасположенности. Наиболее выраженными проявлениями таких нарушений является последовательность и синдром Пьера Робена (микрогнатия, глоссоптоз, обструкция дыхательных путей), которые визуально определяются как «птичье лицо». В клинической практике анестезиологи при оценке теста Маллампати имеют в виду невозможность или затруднение обзора задней стенки глотки при отсутствии понимания причин, приводящих к макро- и микроглоссии и глоссоптозу, которые служат причинами затруднения или невозможности визуализации голосовой щели при ларингоскопии и обструкции верхних дыхательных путей (ВДП) при вентилиции лицевой маской. При этом кроме врожденных аномалий, которые могут проявиться при взрослении и приводить к вторичному глоссоптозу (язык нормального размера в ограниченном пространстве глотки и гортани), могут присутствовать приобретенные состояния (вторичные): повреждение височно-нижнечелюстных суставов, переломы челюсти и др.

В 2013 г. Sebastian Heinrich опубликовал ретроспективное исследование, в которое были включены данные 102 306 пациентов [6]. Автор отметил, что шкала Маллампати применялась в 94,5 % случаев. Частота ТИ была выше у пациентов с недостаточной визуализацией мягкого нёба (классы III, IV), при этом III и IV классы по шкале Маллампати чаще выявлялись у мужчин, чем у женщин. Положительная прогностическая ценность шкалы Маллампати при III, IV классах составила 17 %, отношение шансов (ОШ) — 6,5 (6,16–6,96). По результатам исследования утверждается, что для прогнозирования ТЛС и ТИ тест Маллампати обладает чувствительностью 45 % и специфичностью 89 %. Данные о чувствительности и специфичности физикальных методов исследования представлены в табл. 1.

L.H. Lundström опубликовал результаты когортного исследования (2009), включавшего 91 332 пациента. Автор выяснил, что III и IV классы по шкале Маллампати являются предикторами ТИ (ОШ 3,7 [3,41–4,00]), шкала обладает еще меньшей чувствительностью (20 %) при несколько более высокой специфичности (94 %) [7].

L.H. Lundström и соавт. представили метаанализ (2011) прогностической эффективности теста Маллампати (55 исследований, $n = 177\,088$ пациентов) [8]. Согласно данному метаанализу, применения исключительно теста Маллампати для определения ТЛС и ТИ недостаточно (ОШ 5,89; чувствительность — 91 %, специфичность — 31 %). Многие другие исследования продемонстрировали схожие результаты с низкой чувствительностью (31–53 %) и умеренно высокой специфичностью (80–83 %).

D.W. Nealy и соавт. (2016) опубликовали исследование ($n = 80\,801$), в котором показали, что для повы-

шения чувствительности тест Маллампати следует выполнять в нейтральном положении головы пациента, избегая разгибания в шейном отделе. Было выявлено, что чувствительность и специфичность использования теста Маллампати при III и IV классе была одинаковой, независимо от того, применялся он отдельно или вместе с еще одним предиктором ТДП [9].

Согласно данным крупнейшего метаанализа, опубликованным S.M. Green (2019), применение теста Маллампати продемонстрировало чувствительность при ТЛС 53 % и при трудной масочной вентилиции — 17 % [10].

Таким образом, полагаясь исключительно на тест Маллампати, можно спрогнозировать примерно половину случаев ТЛС. Вполне возможно, что низкую чувствительность шкалы Маллампати практикующие специалисты могут обосновать субъективной оценкой структур ротоглотки, что может быть связано как с опытом врача, так и с не зависящими от врача факторами: освещенностью, временными ограничениями, положением пациента и т. д. Кроме того, тест Маллампати нельзя использовать у маленьких детей и у пациентов, вербальный контакт с которыми затруднен ввиду сопутствующей патологии. Таким образом, тест Маллампати не обладает необходимой надежностью для оценки дыхательных путей.

Тесты на взаимоотношения структур лицевого черепа и шейного отдела позвоночника

Методы, основанные на измерении расстояний на передней поверхности шеи, позволяют проводить косвенную оценку скелетотопии голосовых складок. К таким тестам относят определение тироментального, стерноментального и хиоментального расстояний. Известно, что избыточно краниальное или каудальное расположение голосовых складок может сопровождаться ТЛС. Это связано с несоответствием длины и кривизны клинка ларингоскопа расположению валлекулы. Отдельным измерением может служить хиоментальное расстояние. Его применение в клинической практике является попыткой объективизировать переднезадний размер нижней челюсти и определить объем подчелюстного пространства, куда при ларингоскопии будет осуществляться смещение мягких тканей. Измерение хиоментального расстояния позволяет перевести в цифровые значения микрогнатию, ретрогнатию, а также нарушения прикуса.

Тест Patil (тироментальное расстояние) был описан в 1983 г. V.U. Patil как неинвазивная оценка ТЛС [11]. Тест Patil представляет собой определение размера подчелюстного пространства — расстояние от верхнего края щитовидного хряща до нижней челюсти при максимальном разгибании шеи. Если это расстояние очень короткое, то при прямой ларингоскопии затруднено смещение языка кпереди для обзора гортани (по отношению к структурам гортаноглотки размер языка непропорционально большой). Измерение тироментально-

го расстояния широко распространено и рекомендовано для оценки дыхательных путей пациента и прогнозирования ТЛС (рис. 2).

Известно, что тироментальное расстояние $\leq 6,0$ см служит предиктором ТЛС, а расстояние $\geq 6,5$ см — критерием приемлемого или хорошего обзора при прямой ларингоскопии [11].

В оригинальных публикациях Н. Bilgin и G. Ozyurt (1998) [12], P.J. Butler и S.S. Dhara (1992) [13] утверждалось, что тироментальное расстояние, равное 6 см, является предиктором трудной или невозможной интубации. Оценка была модифицирована в 1991 г. С.М. Frerk [14]. Исследование показало, что тироментальное расстояние ≤ 7 см приводит к трудностям во время интубации (чувствительность — 91 %, специфичность — 82 %).

Дальнейшие исследования опровергли ранние наблюдения. В более поздних публикациях тест Patil обладал низкой чувствительностью для прогнозирования ТДП у пациентов. В исследованиях J.C. Tse (1995) [15] и S. Aktas (2015) [16] «правило 7 см» (тироментальное расстояние менее 7 см приводит к возникновению ТЛС) при оценке ТИ продемонстрировало низкую чувствительность (32 и 46 % соответственно).

Выполнение теста Patil может быть затруднено при определении ориентиров на передней поверхности шеи. Крикотиреоидная мембрана идентифицируется пальпацией у 25–71 % людей без избыточной массы тела и только у 39 % женщин с ожирением — из-за избыточной подкожно-жировой клетчатки в области шеи [17].

Таким образом, у пациентов с ожирением эффективность измерения тироментального расстояния для прогнозирования ТДП снижена.

Хиоментальное расстояние. При обсуждении тестов на выявление ТДП необходимо упомянуть о хиоментальном расстоянии (расстояние между подъязычной костью и подбородком). В норме оно превышает

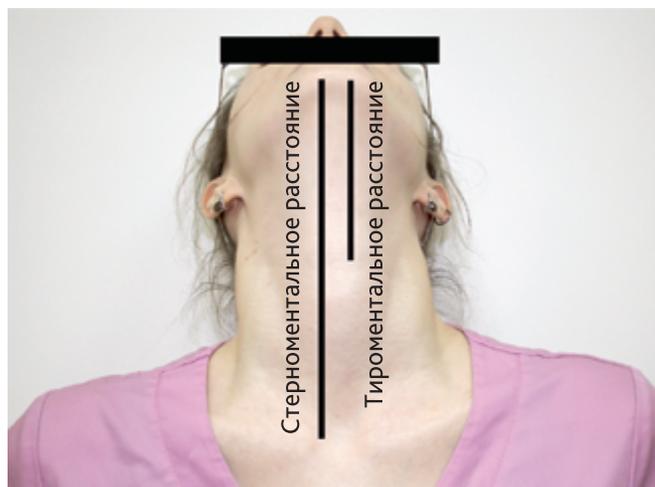


Рис. 2. Тироментальное и стерноментальное расстояния

Fig. 2. Thyromental and sternomental distances

4 см. Viebuцк и Venumof отметили (1991) прогностическую ценность этого параметра [18] (рис. 3).

Z.H. Khan и соавт. в работе (2011), включавшей информацию о 300 пациентах, показали, что измерение хиоментального расстояния обладает низкой чувствительностью (8,8 %) и высокой специфичностью (98,9 %) [19]. Исследователи продемонстрировали, что хиоментальное расстояние $\geq 3,5$ см в 87,7 % случаев ассоциируется с нормальной протрузией нижней челюсти (I и II классы теста на прикусывание верхней губы) и хорошей визуализацией голосовых складок при прямой ларингоскопии (I и II степени по шкале Cormack—Lehane).

T. Yu. и соавт. (2015) показали, что измерение хиоментального расстояния для прогнозирования ТДП обладает низкой чувствительностью (20 %) и высокой специфичностью (97 %) [20].

A. Nonagmand и соавт. провели исследование (2014) с участием 525 пациентов [21], в котором измеряли хиоментальное и тироментальное расстояния в нейтральном положении головы и при полном разгибании шеи. При значении хиоментального расстояния менее $4,3 \pm 1,0$ см (специфичность — 41,4 %, чувствительность — 74,5 %) в нейтральном положении головы отмечалась плохая визуализация голосовых складок. Тироментальное расстояние, измеренное при полном разгибании головы пациента и составлявшее менее $5,3 \pm 1,3$ см, служило предиктором плохой визуализации голосовых складок при прямой ларингоскопии (специфичность — 72,3 %, чувствительность — 56,9 %).

Таким образом, хиоментальное расстояние имеет низкую прогностическую ценность. По-видимому, это связано, с одной стороны, с особенностями строения передней поверхности шеи, а с другой — с субъективным пониманием просьбы «максимально разогнуть шею» пациентом. Следовательно, данный тест предпочтительно использовать в сочетании с другими методами.

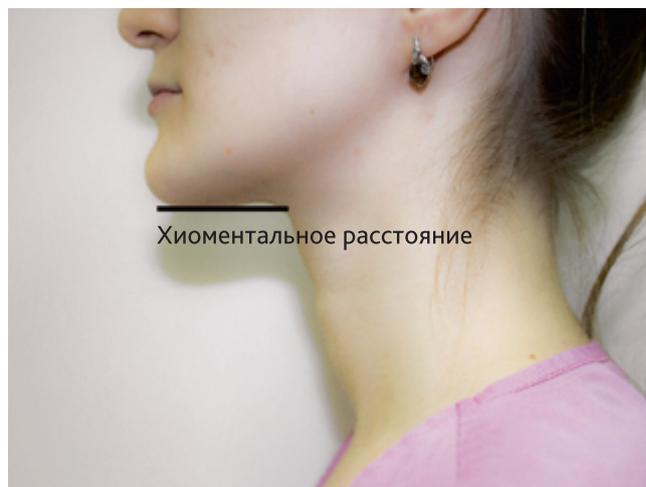


Рис. 3. Хиоментальное расстояние (фото авторов)

Fig. 3. Hyomental distance

Стерноментальная дистанция (тест Savva). D. Savva в 1994 г. опубликовал данные о роли стерноментального расстояния (расстояние от подбородка до яремной вырезки) в прогнозировании ТДП (тест Savva) [22]. Тест проводят при полном разгибании головы пациента (см. рис. 2). Считается, что стерноментальное расстояние менее 12,5 см указывает на риск ТИ или трудной масочной вентиляции, что выявляет «короткую шею» и связанное с ней краниальное расположение голосовой щели.

Некоторые работы подтверждают данное утверждение. Так, Z.H. Khan и соавт. отметили (2009), что трудности при обеспечении проходимости дыхательных путей возникали в тех случаях, когда стерноментальное расстояние составляло менее 13 см (специфичность — 70,6%, чувствительность — 84,2%) [23]. Исследование В. Patel и соавт. (2014) [24] подтвердило высокую прогностическую ценность теста Savva. По данным авторов, стерноментальное расстояние менее 12,5 см является предиктором ТИ (чувствительность — 91%, специфичность — 92,7%).

Недавняя публикация S. Prakash и соавт. (2017) ставит под сомнение результаты предыдущих исследований. Согласно результатам работы, стерноментальное расстояние $\leq 14,75$ см обладает низкой прогностической ценностью для выявления ТДП с чувствительностью 66% и специфичностью 60% [25].

Таким образом, стерноментальное расстояние имеет более высокую прогностическую ценность для выявления признаков ТДП по сравнению с хиоментальным и тироментальным расстоянием. Однако более современные исследования демонстрируют его низкую чувствительность.

Тесты на врожденную или приобретенную деформацию лицевого черепа и нарушения прикуса

Деформации лицевого черепа редко учитываются анестезиологами общей практики, если только они не были связаны с обширной травматизацией тканей лица, рото- и гортаноглотки. В свою очередь, деформация лицевого черепа и связанные с ней нарушения прикуса зачастую влекут за собой вторичные изменения взаимоотношений органов и тканей, что приводит к нарушению визуализации голосовой щели и/или невозможности либо выраженному затруднению проведения эндотрахеальной трубки в трахею.

В классификации врожденных челюстно-лицевых аномалий принято различать ретрогнатацию, микрогнатацию и прогнатацию. Под ретрогнатацией понимают зубочелюстную аномалию, при которой нижняя или верхняя челюсть сдвигается кзади. Это отличается от микрогнатии (микрогения), т. е. врожденного недоразвития челюсти. Прогнатия (прогения) — выступающая вперед челюстная кость, чаще обусловлена макрогнатией од-

ной из челюстей. Считается, что недоразвитая нижняя челюсть, как и невозможность ее выведения вперед, может служить причиной ТДП [26, 27].

Z.H. Khan и соавт. в своей публикации (2011) показали, что длина нижней челюсти (от угла до бугорка подбородка) более 9 см служит предиктором легкой интубации трахеи. При достаточной длине нижней челюсти язык может быть легко прижат к дну полости рта. При длине нижней челюсти менее 9 см повышается риск ТЛС, так как при прямой ларингоскопии недостаточно пространства для смещения языка из-за его больших размеров относительно структур гортаноглотки [19].

M. Detsky и соавт. (2019) опубликовали работу, в которую были включены данные 33 559 пациентов [28]. Авторы изучили различные предикторы ТИ, в том числе наличие ретрогнатии и тест на протрузию нижней челюсти. Была отмечена низкая чувствительность и высокая специфичность обоих методов.

Jin Xu и соавт. опубликовали исследование (2020) с участием 166 подростков с микрогнатией. В основе данного исследования лежала гипотеза о том, что микрогнатия сопровождается недоразвитием нижней челюсти, так как ушная раковина и нижняя челюсть происходят из первой и второй бронхиальных дуг. Авторы заключают, что ограниченная протрузия нижней челюсти указывает на повышенный риск ТЛС у детей школьного возраста с микрогнатией, хотя и с невысокой чувствительностью [29].

Таким образом, ретрогнатия и протрузия нижней челюсти являются несомненными предикторами ТДП, однако их применение независимо друг от друга или по отдельности отличается низкой диагностической ценностью, недостаточными чувствительностью и специфичностью для выявления ТДП.

Тест на прикусывание верхней губы

Тест на прикусывание верхней губы (upper lip bite test) — очень простой и редко используемый в клинической практике метод диагностики. В основе его использования лежит функциональная оценка движения нижней челюсти, возможность компенсации ретро- или микрогнатии, а также выявление движения в височно-нижнечелюстном суставе, который может быть поврежден из-за ювенильного ревматоидного артрита, псориаза, артроза, сахарного диабета (гликозилирование связок) и др.

Тест разработан Z.H. Khan (2003) в качестве замены модифицированной шкалы Маллампати [30]. Для выполнения теста пациента просят максимально вывести нижнюю челюсть вперед и прикусить верхнюю губу нижними резцами. Врач оценивает амплитуду движения нижней челюсти. ТДП ожидаются при ограничении выдвигания нижней челюсти (II класс) или невозможности ее выдвигания (III класс). У пациентов с адентией тест на прикусывание верхней губы может

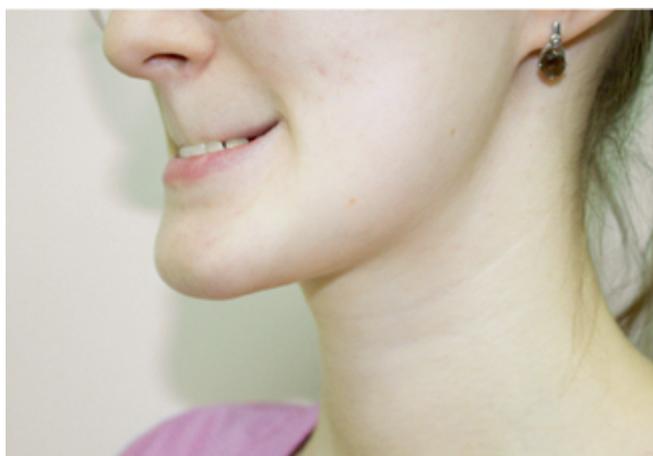


Рис. 4. Тест на прикусывание верхней губы (фото авторов)

Fig. 4. Upper lip bite test

быть заменен тестом на захват верхней губы нижней губой (рис. 4).

Z.H. Khan и соавт. (2009) провели сравнительный анализ своего теста с измерением тироментального, стерноментального и межрезцового расстояния [23]. ТДП встречались при следующих показателях: III класс теста, тироментальное расстояние менее 6,5 см, межрезцовое расстояние менее 4,5 см, стерноментальное расстояние менее 13 см.

Специфичность теста на прикусывание верхней губы была значительно выше, чем определение тироментального, стерноментального, межрезцового расстояния по отдельности (специфичность составила 91,69, 82,27, 70,64 и 82,27 % соответственно). Комбинация теста с измерением стерноментального расстояния обладала более высокой чувствительностью, чем их использование по отдельности.

E. Faramarzi и соавт. опубликовали систематический обзор (2018), в который были включены данные 18 141 пациента [31]. Согласно результатам исследования, обеспечение проходимости дыхательных путей у пациентов, которые не могли прикусить верхнюю губу нижними резцами, было затруднено. Чувствительность теста составляет более 85 %, специфичность — более 92 %.

D. Roth и соавт. в метаанализе (2019) исследования 844 206 пациентов выяснили, что в настоящее время тест на прикусывание верхней губы обладает самыми высокими чувствительностью (67 %) и специфичностью (92 %) по сравнению с другими тестами [32], вероятность выявления ТДП при его использовании повышается с 10 до 60 %.

Таким образом, тест на прикусывание верхней губы обладает более высокой чувствительностью по сравнению с другими тестами, однако этот показатель свидетельствует в лучшем случае о среднем качестве построенной модели. Тем не менее данный тест в сочетании

с другими тестами может быть более надежным для определения ТЛС и ТИ.

Межрезцовое расстояние — это расстояние между верхними и нижними резцами при максимальном открывании рта. В норме оно составляет более 4 см. Если это расстояние меньше — могут возникать трудности с визуализацией голосовой щели из-за невозможности выведения трех осей (полости рта, глотки и гортани) при прямой ларингоскопии.

M. Detsky и соавт. (2019) показали, что измерение межрезцового расстояния обладает чувствительностью 36 % и специфичностью 90 % [28]. Nkihu Merah определил (2005), что межрезцовое расстояние, равное 3,7 см или менее, является предиктором ТДП (чувствительность измерения — 30,8 %, специфичность — 97,3 %) [33].

Yong-Zheng Han и соавт. (2017) отметили, что межрезцовое расстояние $\leq 3,5$ см является предиктором ТДП (чувствительность — 28,6 %, специфичность — 87,1 %) [34].

Короткое межрезцовое расстояние уменьшает пространство для манипуляции клинком и угол обзора при ларингоскопии. Но из-за низкой чувствительности данного теста отдельное его применение нецелесообразно. Считаем важным напомнить, что визуальный обзор при прямой ларингоскопии составляет не более 15°, чего может быть недостаточно для визуализации структур гортани при неполном открытии рта.

У ряда пациентов нарушение открытия рта может возникать после введения миорелаксантов после индукции в анестезию. В таких ситуациях чрезмерная тракция нижней челюсти может привести к тяжелым последствиям в виде перелома мышечковых отростков.

Причиной такого состояния служит растянутая капсула височно-нижнечелюстного сустава с возможным привычным вывихом нижней челюсти (редко наблюдается клинически). После введения миорелаксантов головка височно-нижнечелюстного сустава, не удерживаемая мышцами, смещается кзади, что приводит к ее заклиниванию. После реверсии нейромышечного блока и пробуждения пациента подобная клиническая симптоматика полностью регрессирует, и рот открывается снова свободно.

Системные предикторы ТДП.

Тест «отпечаток ладони», подвижность шейного отдела позвоночника и индекс массы тела

Одним из осложнений сахарного диабета (СД) является поражение суставов вследствие гликозилирования коллагена, что приводит к ограничению их подвижности. Нарушается функция височно-нижнечелюстных суставов и суставов шейного отдела позвоночника. H. Salazarulo и соавт. (1986) опубликовали данные о ТЛС у пациентов с СД [35], с тех пор интерес к этой проблеме не ослабевает.

В 1990 г. E. Reissell и соавт. предложили метод оценки подвижности межфаланговых суставов по отпечатку ладони (palm print method) [36]. Оценивается отпечаток ладони доминирующей руки на листе бумаги. Чем меньше отпечаток — тем сильнее поражение суставов. Другой метод — молитвенный жест, с помощью которого проверяют, может ли пациент прижать ладони друг к другу.

Результаты работы S.P. George и соавт. (2003) показали, что тест отпечатка ладони был наиболее чувствительным для выявления ТДП у пациентов с СД по сравнению с тестом Маллампати, определением тироментального расстояния и тестами разгибания головы [37]. У пациентов, не страдающих СД, наиболее чувствительным был тест Маллампати, что объясняется отсутствием поражения межфаланговых суставов и возможностью более плотного соединения ладоней в молитвенном жесте.

A. Mahmoodpoor и соавт. (2013) показали, что оценка отпечатка ладони обладает очень низкой чувствительностью (13 %) и высокой специфичностью (96 %) для прогнозирования ТДП в общей популяции людей [38]. Данный тест у пациентов с СД показал высокую чувствительность (76,9 %) и высокую специфичность (89,4 %).

Таким образом, можно утверждать, что тест отпечатка ладони является самым чувствительным и специфичным по сравнению с другими тестами для прогнозирования ТДП у пациентов с СД. Однако, как показывает опыт, о существовании данного теста знает очень ограниченное количество практикующих анестезиологов.

Подвижность шейного отдела позвоночника. Важность подвижности шейного отдела позвоночника при интубации трахеи отметил еще в 1913 г. Chevalier Jackson. Недостаточная подвижность (< 30–90°) шейного отдела позвоночника может затруднить визуализацию голосовой щели и последующую интубацию трахеи [39]. Механизм развития подобных затруднений связан с невозможностью совмещения трех осей (полости рта, глотки и гортани) при прямой ларингоскопии. Причины нарушения подвижности шейного отдела позвоночника могут быть различными и не только связанными с травматическими повреждениями. Различные аутоиммунные (болезнь Бехтерева), деформирующие (остеохондроз) и многие другие заболевания могут явно и, что наиболее опасно, неявно (вывих или подвывих при артрозе, артрите) приводить к нарушению разгибания в атлантозатылочном суставе.

G. Mashour и соавт. (2008) провели когортное исследование, включавшее данные 1145 пациентов с ограничением подвижности шейного отдела позвоночника [40]. Они пришли к выводу, что ограничение подвижности шейного отдела позвоночника увеличивает риск возникновения трудностей при обеспечении проходимости дыхательных путей. По мнению авторов, ТИ следует ожидать у пациентов с ограничением подвижности шейного отдела позвоночника в возрасте 48 лет и старше, имею-

щих III или IV класс Маллампати и тироментальное расстояние менее 6 см.

A.K. Chhina и соавт. (2018) установили, что подвижность шейного отдела позвоночника менее 90° повышает риск ТДП у пациента. Чувствительность данного метода оценки составляет 69,7 %, специфичность — 66,2 % [41].

В 2019 г. Harsha Narkhede опубликовал исследование, включившее информацию о 483 пациентах. Было показано, что ограничение подвижности шейного отдела позвоночника повышает риск ТИ (чувствительность — 78,6 %, специфичность — 82,8 %) [42].

Таким образом, прогностическая ценность оценки подвижности шейного отдела позвоночника значительно выше в сочетании с другими тестами.

Индекс массы тела (ИМТ) — величина, позволяющая оценить соответствие массы тела человека его росту и судить о том, является масса недостаточной, нормальной или избыточной. При избыточной массе тела повышается риск ТДП. Это связано с большим размером структур рото- и гортаноглотки.

Отдельно хочется остановиться на развитии синдрома Клиппеля—Фейля у пациентов с морбидным ожирением. Синдром связан с дегенерацией межпозвоночных дисков шейного отдела позвоночника, что клинически проявляется короткой шеей («вколоченной»), невозможностью ее разогнуть и III–IV классом по модифицированной шкале Маллампати из-за огромного языка.

M.A. Ayuso и соавт. (2003) показали, что есть корреляция между избыточной массой тела пациента и риском ТДП [43]. Затруднения появляются, если ИМТ превышает 30 кг/м² (чувствительность — 17 %, специфичность — 89 %).

В уже упоминавшейся работе L.H. Lundström 2009 г. [7] было установлено, что превышение индекса массы тела увеличивает риск ТИ, 25–35 кг/м² (ОШ 1,11) и более 35 кг/м² (ОШ 1,34). Причем, по мнению автора, определение ИМТ является хотя и слабым, но статистически эффективным методом диагностики. Кроме того, автор указывает на то, что вес является независимым фактором риска ТИ.

W. Saasouh и соавт. (2018) опубликовали результаты исследования, включавшего данные более 67 000 пациентов [44]. У 40 183 пациентов ИМТ был менее 30 кг/м², у 27 519 пациентов — более 30 кг/м². Авторы отметили, что для интубации пациентов с ИМТ > 30 кг/м² с большой вероятностью потребуются несколько попыток (ОШ — 1,03 [1,02–1,04]). Риск ТИ пациентов с избыточной массой тела или ожирением не зависит от значения ИМТ.

Таким образом, высокий ИМТ является слабым, но статистически значимым предиктором ТИ. ИМТ может быть использован в комбинации с другими тестами.

В заключение данного раздела приводится сводная таблица эффективности упомянутых субъективных и физикальных тестов для выявления ТДП.

Таблица 1. Эффективность субъективных и физикальных тестов дыхательных путей

Table 1. Effectiveness of subjective and physical airway tests

Автор	Год	Количество пациентов, <i>n</i>	Исследуемый метод	Чувствительность, %	Специфичность, %
S. Heinrich	2013	102 305	Шкала Маллампати	45	89
L.H. Lundstrøm	2009	91 332	Шкала Маллампати	20	94
L.H. Lundstrøm	2011	177 088	Шкала Маллампати	35	91
D.W. Healy	2016	80 801	Шкала Маллампати (при разгибании шейного отдела позвоночника)	88,7	33,3
J.C. Tse	1995	471	Тироментальное расстояние	32	80
S. Aktas	2015	120	Тироментальное расстояние	46	—
Z.H. Khan	2011	300	Хиоментальное расстояние	8,8	98,9
T. Yu.	2015	732	Хиоментальное расстояние	20	97
Z.H. Khan	2009	380	Стерноментальное расстояние	84,2	70,6
B. Patel	2014	135	Стерноментальное расстояние	91	92,7
S. Prakash	2017	610	Стерноментальное расстояние	66	60
Z.H. Khan	2011	300	Тест на протрузию нижней челюсти	47,1	100
M. Detsky (ретрогнатия)	2019	4017	Ретрогнатия	19	98
M. Detsky (протрузия)	2019	4229	Тест на протрузию нижней челюсти	25	95
X.U. Jin	2020	166	Тест на протрузию нижней челюсти	17,65	97,73
S.P. George	2003	71 (с диабетом)	Тест на отпечаток ладони	76,7	89,3
		70 (контрольная группа)	Тест на отпечаток ладони	48,2	67,4
Mahmoodpoor	2013	500	Тест на отпечаток ладони	13,6	96,5
H. Narkhede	2019	483	Подвижность в шейном отделе	78,6	82,8
A.K. Chhina	2018	500	Подвижность в шейном отделе	69,66	66,20
M.A. Ayuso	2003	181	Индекс массы тела	17	89
L.H. Lundstrøm	2009	91 332	Индекс массы тела	7,5	
Z.H. Khan	2009	380	Тест на прикусывание верхней губы	78,9	91,9
D. Roth	2019	19 609	Тест на прикусывание верхней губы	67	92
N. Merah	2005	380	Межрезцовое расстояние	30,8	97,3
M. Detsky	2019	9549	Межрезцовое расстояние	36	90
Y.Z. Han	2017	213	Межрезцовое расстояние	28,6	87,1

Комбинированные методы оценки трудных дыхательных путей

В настоящее время использование какого-либо одного теста играет ограниченную роль в прогнозировании ТДП. Предполагалось, что использование сразу нескольких тестов должно было существенно повысить прогнозирование ТДП. Однако на сегодняшний день ожидания эффективности такого подхода можно считать завышенными.

К комбинированным методам оценки относят шкалы Wilson Risk-Sum, 3-3-2-1, LEMON (Look-Evaluate-Mallampatti-Obstruction-Neck mobility), El-Ganzouri, Москва-TD (Thyromental Distance) и другие.

Тест Wilson Risk-Sum был предложен в 1988 г. [45]. Этот тест включает в себя измерение массы тела пациента, оценку подвижности шейного отдела позвоночника, амплитуды открывания рта, протрузии нижней челюсти и выступающих резцов верхней челюсти.

В 1997 г. К. Yamamoto и соавт. провели исследование, чтобы определить, может ли непрямая ларингоскопия с помощью ЛОР-зеркала идентифицировать пациентов с ТДП [46]. Для сравнения использовали модифицированный тест Маллампати и тест Wilson Risk-Sum. В результате ТИ была только у 82 из 6184 пациентов (1,3%). Положительная прогностическая ценность непрямой ларингоскопии с помощью гортанного зеркала составила 31%, чувствительность — 55,4%, специфичность — 98,4%, что было выше показателей теста Маллампати и теста Wilson Risk-Sum.

S. Gupta и соавт. (2003) провели предоперационную оценку дыхательных путей с использованием модифицированного теста Маллампати и Wilson Risk-Sum для прогнозирования ТЛС и ТИ у 372 пациенток акушерского профиля перед плановым и экстренным кесаревым сечением под общей анестезией. В результате прогноз с применением теста Маллампати (III или IV класс) определил 15 из 23 случаев ТИ трахеи, прогноз с применением теста Wilson Risk-Sum (≥ 2) — 9 из 14 случаев. Чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность модифицированного теста Маллампати составили 60, 97,6 и 65% соответственно, теста Wilson Risk-Sum — 36, 98,5 и 64% соответственно. Когда оба теста использовали вместе, чувствительность увеличилась до 100%, специфичность составила 96,2%, положительная прогностическая ценность — 64,8% [47].

R. Siddiqi и W. Ahmed Kazi (2005) опубликовали исследование, в котором сравнили ценность модифицированного теста Маллампати и теста Wilson Risk-Sum для прогнозирования ТДП у 338 пациентов [48]. При использовании обоих тестов были выявлены только 3 из 7 сложных интубаций (чувствительность — 42%). При применении шкалы Маллампати ожидалось в два раза больше пациентов с ТДП (на самом деле половина из них не были трудными) по сравнению с применением

теста Wilson Risk-Sum (специфичность 84 и 93% соответственно). Тест Wilson Risk-Sum показал более высокую положительную прогностическую ценность (11%) по сравнению с тестом Маллампати (5%) [30].

Таким образом, шкала Wilson Risk-Sum предпочтительнее для прогнозирования ТДП благодаря ее более высокой специфичности и положительной прогностической ценности. Тем не менее шкала Wilson Risk-Sum может выявить только половину из предполагаемых случаев ТИ.

Внедрение в клиническую практику правила 3-3-2-1 позволило повысить выявляемость ТДП. Правило 3-3-2-1 является аналогом таких прогностических тестов, как межрезцовое, тироментальное и хиоментальное расстояния [49].

Toshiya Shiga и соавт. (2005) опубликовали метаанализ, в который были включены данные 50 760 пациентов [50]. Исследование продемонстрировало, что тесты для прогнозирования ТИ по отдельности не так информативны, как их использование в комбинации.

В публикации A. Mahmoodpoor и соавт. (2013) анализировались данные 500 пациентов, которым была запланирована операция под общей анестезией [38]. В исследовании оценивались эффективность модифицированного теста Маллампати, правила 3-3-2-1 и тест на отпечаток ладони для прогнозирования ТИ. Результаты показали, что правило 3-3-2-1 имеет высокий уровень ложноположительных результатов (92,96%) и обладает чувствительностью 26,67% и специфичностью 94,46%.

T. Yu и соавт. (2015) опубликовали исследование, которое включало 732 пациента [20]. У 67 пациентов была ТЛС (9,2%), у 25 пациентов — ТИ (3,4%). Исследование показало, что правило 3-3-2-1 обладает чувствительностью 65% и специфичностью 68%.

После внедрения шкалы LEMON выявляемость ТДП выросла. Шкала включает в себя различные прогностические тесты: Look — внешний вид, Evaluate — оценка по правилу 3-3-2-1, тест Маллампати, Obstruction — обструкция (например, перитонзиллярный абсцесс, травма, воспаление надгортанника, ночной храп), Neck mobility — подвижность в шейном отделе позвоночника пациента. За наличие каждого признака ТДП у пациента по шкале LEMON начисляется 1 балл, 0 баллов соответствуют состоянию, когда ТИ не ожидается, 1–2 балла — возможна ТИ, 3–4 балла — с высокой вероятностью будет ТИ, 5 баллов и более — необходимо принятие альтернативного решения для обеспечения проходимости дыхательных путей [51].

Y. Nagiwaга и соавт. (2015) показали, что оценка ТДП по шкале LEMON обладает чувствительностью 85,7% при прямой ларингоскопии, 94,9% — при видеоларингоскопии и специфичностью 47,6 и 40,3% соответственно [52]. Отрицательное прогностическое значение составило 98,2% при прямой ларингоскопии и 99,0% при видеоларингоскопии.

Эффективность шкалы LEMON подтвердил S. Ji (2018), выявив корреляцию между модифицированной шкалой LEMON и ТИ у 114 взрослых пациентов травматологического профиля [53].

M. Reed и соавт. (2005) опубликовали исследование, целью которого было установить, может ли оценка дыхательных путей по шкале LEMON прогнозировать ТДП в отделении неотложной помощи. По шкале Cormack—Lehane 114 интубаций были отнесены к I степени сложности, 29 — ко II степени, 11 — к III степени и 2 интубации — к IV степени сложности. Предоперационная оценка дыхательных путей по шкале LEMON оказалась эффективной для выявления ТДП. У пациентов с плохой визуализацией голосовой щели (III или IV степени по шкале Cormack—Lehane) отмечали большие резцы, короткое межрезцовое расстояние и короткое тироментальное расстояние [54].

Таким образом, данные многоцентровых исследований демонстрируют высокую эффективность шкалы LEMON для прогнозирования ТДП. Оценка по шкале LEMON обладает высокой чувствительностью, но при этом высокой отрицательной прогностической ценностью и низкой специфичностью для прогнозирования ТИ.

Шкала Эль-Ганзури (El-Ganzouri) — система оценки риска ТИ — предложена в 1996 г. профессором Абделем Рауфом Эль-Ганзури (Abdel Raouf El-Ganzouri, Чикаго, США) [55]. По мнению автора, все предикторы для выявления сложной интубации трахеи имеют погрешность, и чем больше критериев для определения риска используется — тем выше выявляемость ТДП. Данная шкала объединяет семь главных факторов, определяющих вероятность ТИ: амплитуда открывания рта, тироментальное расстояние, шкала Маллампати, подвижность шейного отдела позвоночника, амплитуда выдвижения нижней челюсти, индекс массы тела и ТИ в анамнезе.

Первые клинические исследования P. Cortellazzi (2007) показали, что оценка ТДП по шкале El-Ganzouri обладает высокой чувствительностью (93,3%) при видеоларингоскопии [56]. При прямой ларингоскопии чувствительность оценки ТДП по шкале El-Ganzouri была меньше (69,7%). Специфичность составила 76,6% и 66,3% соответственно.

F.С. Perez и соавт. (2019) опубликовали работу, в которой была показана эффективность применения шкалы El-Ganzouri для прогнозирования ТДП при прямой ларингоскопии. В этом исследовании чувствительность оценки дыхательных путей по шкале El-Ganzouri составила 71,43%, специфичность — 20,69%, положительная прогностическая ценность — 6,76%, отрицательная прогностическая ценность — 90% [57].

Таким образом, комбинированные методы эффективны для прогнозирования ТДП, однако такая оценка носит субъективный характер и зависит от опыта анестезиолога.

Инструментальные методы диагностики трудных дыхательных путей

Основным преимуществом инструментальных методов является возможность объективно оценить состояние дыхательных путей. Пациенты рутинно проходят такие исследования, как ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография (КТ и МРТ) головы и шеи, в процессе предоперационной подготовки по основной патологии (например, пациенты нейрохирургических или челюстно-лицевых отделений). Полученными данными может также воспользоваться и анестезиолог для оценки состояния ВДП, выявления наличия объемных образований, риска ТИ. Данные о чувствительности и специфичности инструментальных методов представлены в табл. 2.

Рентгенография головы и шеи. Для оценки ВДП используют в первую очередь рентгенологическое исследование головы и шеи в боковой проекции. С помощью рентгенографии возможно рассчитать стандартные размеры хорошо известных предикторов ТДП, таких как хиоментальное, тироментальное расстояния и т. д.

Одновременно существует возможность выявления большого количества других признаков, которые без рентгена невозможно оценить: вертикальное расстояние от наивысшей точки подъязычной кости до тела нижней челюсти; расстояние от передненижней границы четвертого шейного позвонка до передневерхней границы первого шейного позвонка; размер атлантозатылочного промежутка; расстояние между остистыми отростками шейных позвонков и т. д. [58, 59].

Несмотря на большое разнообразие рентгенологических признаков ТДП, по данным J. Kim (2016), S. Falsetta (2018), наиболее достоверными являются всего два: вертикальное расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти и атлантозатылочный промежуток [60, 61].

Считается, что расположение голосовой щели зависит от размера вертикального расстояния от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти. В случаях, когда это расстояние превышает 20 мм, анестезиолог сталкивается с трудностями визуализации голосовых складок, в связи с избытком располагающейся перед ними ткани. Поэтому чем больше этот показатель — тем выше риск ТИ.

Атлантозатылочный промежуток указывает на способность к разгибанию шеи, и чем он больше — тем лучше движения в атлантозатылочном сочленении. Учитывая тот факт, что оптимальный ларингоскопический обзор достигается при близком совпадении визуальных осей, проходящих через ротовую полость, глотку и гортань, этот показатель имеет существенное значение как предиктор ТДП. Пациенты с цервикальным спондилезом отличаются более высокой частотой ТЛС. Вполне вероятно, что наиболее важной причиной этого может быть уменьшение подвижности шейного

Таблица 2. Эффективность инструментальных методов оценки ТДП

Table 2. Effectiveness of instrumental airway tests

Автор	Год	Количество пациентов	Критерий	Чувствительность, %	Специфичность, %
S. Falcetta	2018	301	Ср. расстояние от кожи до надгортанника > 2,54 см (УЗИ)	82	91
			Площадь ткани перед надгортанником > 5,04 см ² (УЗИ)	85	88
Y.Z. Han	2018	315	Расстояние между верхней границей подъязычной кости и телом нижней челюсти ≥ 20 см	77,8	71,3
			Шкала Маллампати	55,6	65,5
			Угол разгибания шеи ≥ 38°	74,1	65,5
Bingchuan Liu	2020	104	Угол между линией, соединяющей твердое небо с нижней частью затылочной кости, и линией, проходящей через II шейный позвонок, < 19,9°	88,5	91,0
			Перпендикуляр от твердого неба до верхушки верхних резцов > 30,1 мм	76,9	76,9
			Расстояние от кожи до подъязычной кости > 16,3 мм	69,2	87,2
			Атлантозатылочный промежуток < 7,3 мм	73,1	56,4
Chao Ji	2018	8779	УЗИ	69	84
			КТ	75	75
			Рентгенография	78	88
W. Yao	2017	2254	Толщина языка > 6,1 см (УЗИ)	75	72
S. Abraham	2018	137	Хиоментальное расстояние ≤ 1,09 см (УЗИ)	90	88,2
N.K. Yadav	2019	310	Окружность шеи > 34,45 см	60	69
			Расстояние от кожи до подъязычной кости > 0,56 см (УЗИ)	68	69
			Расстояние от кожи до подъязычной кости в положении «принюхивания» > 0,53 см (УЗИ)	68	72
			Расстояние от кожи до щитоподъязычной мембраны > 1,58 см (УЗИ)	65	69
			Расстояние от кожи до щитоподъязычной мембраны в положении «принюхивания» > 1,54 см (УЗИ)	65	63
			Толщина языка > 5,3 см (УЗИ)	71	72
A. Parameswari	2017	130	Расстояние от кожи до надгортанника < 18 мм (УЗИ)	75	63,6
A. Martínez-García	2021	50	Расстояние от кожи до надгортанника > 3 см (УЗИ)	56,3	88,2
			Расстояние от кожи до подъязычной кости + Расстояние от кожи до надгортанника 4,5 см (УЗИ)	37,5	82,4
			Расстояние от кожи до надгортанника — Расстояние от кожи до передней комиссуры голосовых складок 1,9 см (УЗИ)	68,8	91,2
Vidit Bhargava	2022	8409	Толщина мягких тканей передней поверхности шеи (УЗИ)	76	77
			Оценка анатомического позиционирования (УЗИ)	74	86
			Объем ротовой полости (УЗИ)	53	77

Автор	Год	Количество пациентов	Критерий	Чувствительность, %	Специфичность, %
A. Carsetti	2022	6881	Расстояние от кожи до надгортанника 1,615–2,75 см (УЗИ)	82	79
			Расстояние от кожи до подъязычной кости 0,66–1,42 см (УЗИ)	71	71
			Расстояние от кожи до голосовых складок 0,23–1,23 см (УЗИ)	75	72
Xia Wang	2022	110	Расстояние от кожи до надгортанника > 21,25 мм (УЗИ)	80	83

отдела позвоночника в положении разгибания, как результат уменьшения размера межпозвоночных промежутков [62].

Y.Z. Nan и соавт. (2018) определили наиболее полезные показатели для прогнозирования ТЛС у пациентов со спондилезом шеи по данным физических показателей и дооперационных рентгенографических снимков скелета и МРТ мягких тканей головы и шеи. Было найдено три фактора, которые независимо друг от друга связаны со сложной ларингоскопией: тест Маллампаги, вертикальное расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти и межрезцовое расстояние. Пороговое значение для вертикального расстояния от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти составило 20 мм. Большее значение соответствует объему тканей, находящихся перед голосовыми связками и препятствующих их визуализации при ларингоскопии.

Вертикальное расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти обладало умеренно высокой чувствительностью (77,8%) и специфичностью (71,3%) по сравнению с межрезцовым расстоянием (66,7 и 60,2% соответственно) и тестом Маллампаги (55,6 и 65,5% соответственно).

Еще одним признаком ТДП при рентгенологическом исследовании может быть угол разгибания А, образуемый двумя прямыми: 1) между нижней границей верхнего центрального резца и верхней границей II шейного позвонка; 2) между нижней границей верхнего центрального резца и нижней границей VI шейного позвонка. Этот угол обратно пропорционален углу разгибания в атлантозатылочном сочленении, соответственно, чем лучше разгибание в атлантозатылочном суставе, тем этот угол меньше. У пациентов с легкой ларингоскопией при разгибании в шейном отделе угол А не превышал $36,0 \pm 5,5^\circ$. У пациентов с ТЛС этот угол составил $42,9 \pm 5,4^\circ$ [63].

Bingchuan Liu (2020) стремился выделить предоперационные показатели рентгенографии и МРТ для прогнозирования ТДП во время интубации у пациентов, перенесших операцию на шейном отделе позвоночника. В ходе работы было выявлено, что 4 рентгенографиче-

ских признака обладали потенциальной способностью прогнозировать применение вспомогательных методов интубации с приемлемыми чувствительностью и специфичностью. К этим признакам отнесены:

- перпендикулярное расстояние от твердого нёба до кончика верхнего резца — 30,1 мм;
- атлантозатылочная щель — 7,3 мм;
- угол $19,9^\circ$ между линией, которая проходит через задневерхнюю точку твердого нёба и нижнюю точку затылочной кости, и линией через переднюю и заднюю точки второго тела шейного позвонка;
- расстояние от кожи до подъязычной кости — 16,3 мм [64].

Таким образом, рентгенография позволяет получить объективные методы оценки ТДП, тем самым повышая вероятность их прогнозирования, но использование данных методов в рутинной практике ограничено необходимостью дополнительной лучевой нагрузки и может быть заменено более безопасными и доступными для пациента и врача методами.

КТ и МРТ головы и шеи

Боковой сагиттальной срез, используемый при сканировании КТ и МРТ, может быть применен для расчета как радиологических, так и специфических для этих методов исследования показателей (расстояние между основанием языка и задней стенки глотки; расстояние между голосовыми складками и задней стенки глотки; длина надгортанника; отношение голосовых складок к позвонкам шейного отдела; толщина языка; толщина мягких тканей шеи и т. д.) (рис. 5).

Данные методы диагностики, вероятно, являются наиболее точными в оценке и прогнозировании ТДП. Так, по данным метаанализа Chao Ji и соавт. (2018), объединенные предикторы ТДП при КТ-исследованиях выявили высокую чувствительность — 75% и специфичность — 75%. При рентгенологических методах исследования чувствительность и специфичность были несколько выше и составили 78 и 88% соответственно,



Рис. 5. КТ-критерии трудной интубации трахеи (рисунок авторов)

Зеленая линия — толщина мягких тканей на уровне голосовых складок; красная линия — длина надгортанника; желтая линия — толщина надгортанника; голубая стрелка — отношение голосовых складок к позвонкам шейного отдела. Цифрами от 1 до 6 отмечены позвонки шейного отдела.

Fig. 5. CT-criteria for difficult tracheal intubation

Green line — thickness of soft tissue at the level of the vocal folds; red line — length of the epiglottis; yellow line — thickness of the epiglottis; blue arrow — relationship of the vocal folds to the cervical vertebrae. Numbers from one to six mark the vertebrae of the cervical spine.

для УЗИ — 69 и 84 % соответственно, для модифицированного теста Маллампати — 61 и 63 % соответственно [65].

Данные КТ и МРТ в основном широко используются в отделениях челюстно-лицевой и нейрохирургии, когда их выполняют в плановом порядке. При этом КТ-исследования лицевого скелета являются обязательными перед ортогнатическими вмешательствами и могут применяться с целью выявления грубых дефектов и нарушений взаимоотношения структур гортаноглотки, которые служат предикторами ТДП. В России популяризаторами данных методов можно считать Ф.Х. Набиева и А.С. Добродеева. По их данным, при переднезаднем размере от основания языка до задней стенки глотки более 5 мм допустимо выполнение плановой интубации трахеи. При размере 2–4 мм возможны трудности с масочной вентиляцией и показана быстрая последовательная индукция с фиброоптической интубацией трахеи. При размере менее 2 мм масочная вентиляция невыполнима, имеются показания к фиброоптической интубации трахеи в условиях седации с сохраненным сознанием [66, 67].

Другим немаловажным симптомом ТДП может служить размер надгортанника. Из клинических наблюдений известно, что как большой, так и маленький, ригидный надгортанник, который невозможно припод-

нять с помощью как изогнутого, так и прямого клинка ларингоскопа, может служить причиной ТЛС и ТИ. Про маленький и ригидный надгортанник исследованный найти не удалось, информация о влиянии большого надгортанника на визуализацию структур гортани при ларингоскопии была представлена в статье Y.Z. Nan и соавт. (2018) [63]. Как было установлено, затруднение визуализации голосовой щели имело место при размере надгортанника $41,4 \pm 7,6$ мм по данным МРТ.

Еще одним прогностическим признаком ТЛС является максимально краниальное расположение голосовых складок. Известно, что у пациентов при неосложненной ларингоскопии голосовые складки обычно находятся на уровне V шейного позвонка. При ТЛС и ТИ трахеи голосовая щель расположена выше (С3–С4). Возможным объяснением этому служит небольшой угол обзора (15°) при использовании изогнутого клинка, что не позволяет эффективно визуализировать голосовую щель. Это подтверждается фактом отсутствия каких-либо сложностей у пациентов с такими анатомическими особенностями, когда удается увеличить угол обзора при использовании методов непрямой ларингоскопии [68].

Непростая для понимания состояния ВДП клиническая ситуация может иметь место у пациентов с большим языком или новообразованием ротоглотки. В этих случаях нельзя исключить сужение ВДП на уровне корня языка и следует ожидать проблемы с масочной вентиляцией и возможных трудностей с визуализацией голосовых складок.

Чтобы получить более качественные изображения мягких тканей с меньшей радиационной нагрузкой, часто предпочитают использование не КТ, а МРТ или ультразвуковое исследование мягких тканей.

Выполнение МРТ затратно, как в отношении времени, так и финансово, поэтому не совсем целесообразно ее рекомендовать для рутинной визуализации дыхательных путей.

Таким образом, рентгенологические и магнитно-резонансные методы диагностики позволяют получить объективные данные о состоянии ВДП и зачастую выполняются в соответствии с планом предоперационной подготовки. Малое количество работ, посвященных их эффективности, по сравнению с другими методами оценки ТДП оставляет место для их дальнейшего исследования.

Ультразвуковые методы оценки верхних дыхательных путей

В настоящее время проводятся работы для внедрения УЗИ, чтобы объективно оценить состояние ВДП. Эти исследования позволяют своевременно выявить объемные образования дна полости рта и структур гортаноглотки, диагностировать наличие абсцессов, кист или эпиглотита, способных ухудшить визуализацию структур гортани при ларингоскопии, равно как и обнаружить подскладочный стеноз. УЗИ также можно применять для выявления предикторов ТДП. По сути, УЗИ

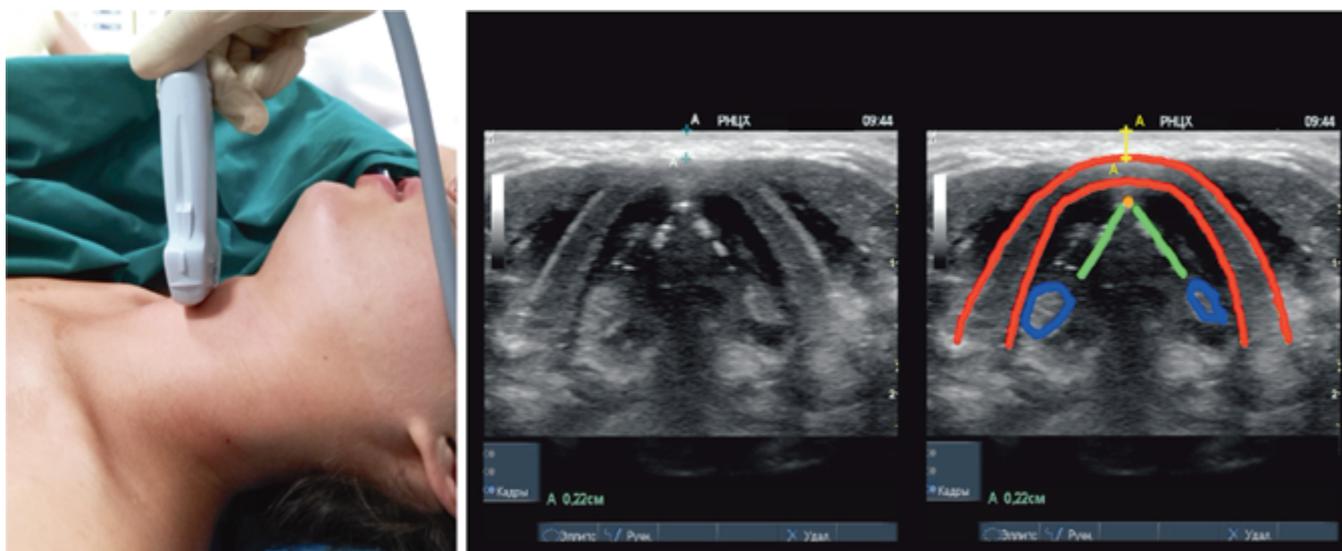


Рис. 6. Ультразвуковая визуализация дыхательных путей (рисунок авторов)

Красное — щитовидный хрящ; зеленое — голосовые складки; синее — черпаловидные хрящи; оранжевое — передняя комиссура; А-А — толщина мягких тканей.

Fig. 6. Ultrasound visualization of upper airways

Red — thyroid cartilage; green — vocal folds; blue — arytenoid cartilages; orange — anterior commissure; A-A — soft tissue thickness.

является безопасной и доступной альтернативой использованию лучевых методов диагностики и может применяться как на догоспитальном этапе, так и при оказании квалифицированной помощи. Применение УЗИ позволяет определить те же самые предикторы ТДП, присущие рентгенологическим методам исследования: толщина языка, толщина мягких тканей над голосовыми складками, длина надгортанника (рис. 6, 7).

W. Yao и соавт. (2017) показали, что толщина языка служит независимым предиктором как для ТЛС, так и для ТИ трахеи, этот показатель сопоставим с такими прогностическими методами оценки ТДП, как модифицированная шкала Маллампати и тироментальное расстояние. Причем чем больше этот показатель, тем выше риск столкнуться с ТИ [69]. S. Abraham (2018) и N.K. Yadav (2019) в своих работах также отмечали роль толщины языка для диагностики ТЛС [70, 71].

Высокой эффективностью обладает метод определения толщины мягких тканей на уровне голосовых складок, как это показали в своих работах T. Ezgi и соавт. (2003) [72] и Fang Dong и соавт. (2019) [73]. Толщина ткани более 0,23 см представляет показатель с более высокой чувствительностью в определении визуализации голосовых складок по шкале Cormack—Lehane, нежели шкала Маллампати, тироментальное и стерноментальное расстояния.

Исследование расстояния по срединной линии от кожи до голосовых складок и от кожи до надгортанника позволяет верно спрогнозировать условия для интубации трахеи [61]. Aruna Parameswari и соавт. (2017) определили, что среди ультразвуковых предикторов рас-

стояние от кожи до надгортанника обладает наиболее высокой чувствительностью (75%) и специфичностью (63,6%) при прогнозировании ТЛС [74].

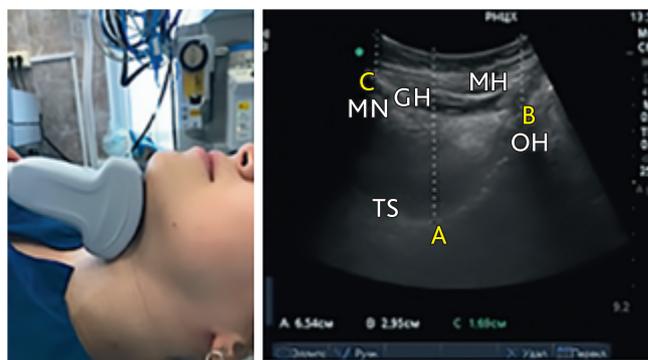


Рис. 7. УЗИ языка и диафрагмы полости рта (рисунок авторов)

А — толщина языка; В — расстояние от подъязычной кости до кожи; С — расстояние от нижней челюсти до кожи; GH — подбородочно-подъязычная мышца; MH — челюстно-подъязычная мышца; MN — нижняя челюсть; OH — подъязычная кость; TS — поверхность языка.

Fig. 7. Ultrasound examination of the tongue and the floor of the mouth

A — tongue thickness; B — distance from the hyoid bone to the skin; C — distance from the lower jaw to skin; GH — geniohyoid muscle; MH — mylohyoid muscle; MN — lower jaw; OH — hyoid bone; TS — surface of the tongue.

Xia Wang и соавт. (2022) опубликовали результаты проспективного обсервационного исследования 110 пациентов. Авторы изучали ультразвуковые признаки, характерные для ТЛС: наиболее чувствительным также оказалось расстояние от кожи до надгортанника [75].

A. Martinez-Garcia и соавт. (2020) тоже пытались оценить полезность УЗИ для прогнозирования ТЛС. В результате было установлено, что толщина мягкой ткани от кожи шеи до надгортанника ≥ 3 см является предиктором ТЛС и обладает положительной прогностической ценностью (69,23%). Можно ожидать ТЛС при значении разницы между толщиной мягкой ткани от кожи до надгортанника и толщиной мягкой ткани на уровне голосовой щели от 1,9 см и более (соответственно прогностическая ценность 78,57%) [76].

Vidit Bhargava и соавт. (2022) опубликовали метаанализ 33 исследований (8409 пациентов) с 27 изученными предикторами ТДП. Учитывая большое количество признаков, авторы сгруппировали их в три домена.

- Первый домен — толщина мягких тканей передней поверхности шеи на уровне надгортанника, гортани и подъязычной кости — позволил оценить объем и податливость подчелюстной области.
- Второй домен позволил оценить разгибание в шейном отделе позвоночника и смещение языка при изменении положения головы. Он включал в себя: угол между глоткой и надгортанником, смещение мышечков височно-нижнечелюстного сустава (протрузия челюсти) и отношение хиоментального расстояния при нейтральном и разогнутом положении головы.
- Третий домен оценивал объем ротовой полости, в частности толщины языка. Однако эффективность этого значения была ограничена недостаточной точностью измерения, связанного с присутствием воздуха в ротовой полости.

Авторы заключают, что наибольшей эффективностью обладает второй домен с оценкой анатомического позиционирования. Однако сочетанное исследование трех доменов потенциально позволило улучшить диагностику ТЛС [77].

A. Carsetti и соавт. (2022) опубликовали результаты метаанализа 32 исследований. Основными исследованными ультразвуковыми показателями были: расстояние от кожи до надгортанника; расстояние от кожи до подъязычной кости; расстояние от кожи до голосовых складок. Несмотря на высокие значения чувствительности и специфичности, авторы указывают на высокую гетерогенность полученных результатов, не позволяющую прийти к окончательному заключению [78].

Таким образом, ультразвуковой метод оценки является самым доступным, относительно простым, быстрым и безопасным объективным методом диагностики ТДП.

Непрямая ларингоскопия. К методам непрямой ларингоскопии относятся видеоларингоскопия, трансназальная гибкая эндоскопическая ларингоскопия и т. д.

Предварительная видеоларингоскопия является одним из методов диагностики ТДП. Выполняется в операционной под местной анестезией. Видеоларингоскопия уже была предложена в качестве возможного инструмента для предоперационной оценки ожидаемых ТДП, ее роль в прогнозировании очень высока, но ограничена из-за плохой переносимости процедуры пациентами [79].

Один из эндоскопических методов диагностики ТДП — трансназальная гибкая эндоскопическая ларингоскопия. Она может предоставить дополнительную информацию анестезиологам для выявления ТДП. Метод уже был предложен в качестве возможного инструмента для предоперационной оценки ожидаемых ТДП, но его роль в конкретном прогнозировании никогда не оценивалась [80].

Было установлено, что эндоскопия обеспечивает надежное и воспроизводимое исследование подглоточного пространства у пациентов с обструктивным апноэ во сне, сопоставимое с системами оценки Cormack—Lehane [81]. В оториноларингологии трансназальную эндоскопию используют для прогнозирования риска ТДП. При этом учитывается наличие опухолевого поражения вестибулярных складок, надгортанной области, черпаловидных хрящей, а также перекрывание более 50% голосовой щели и нарушение эвакуации секрета из глотки [82].

Представляется целесообразным воспользоваться этими обследованиями, когда они проводятся в качестве рутинной предоперационной оценки по другим основаниям. Это может быть полезным дополнительным инструментом при планировании ППДП, когда степень сложности интубации трахеи неясна.

Еще одним показанием для выполнения превентивной ларингоскопии может быть экстубация трахеи после длительных оперативных вмешательств или травматических повреждений челюстно-лицевой области. Клинический опыт показал, что применение превентивной ларингоскопии с помощью видеоэндоскопов или видеоклинок позволило вовремя распознать отек гортани, наличие патологического секрета, обрывков тканей и костей и избежать преждевременной экстубации трахеи. В такой ситуации экстубация трахеи могла сопровождаться обструкцией ВДП с развитием ларингоспазма, стридора и постобструктивного отека легких. Экстубацию трахеи следует проводить после тщательной санации и уменьшения отека ВДП, на что может уйти несколько суток [83].

Заключение

Проведенный анализ литературы показал, что на сегодняшний день в практике врача анестезиолога-реаниматолога не существует убедительных тестов и симптомов диагностики ТДП. Измерение различных расстояний, тесты на врожденную или приобретенную деформацию лицевого черепа и нарушения прикуса,

тесты на взаимоотношения структур лицевого черепа и шейного отдела позвоночника в большинстве своем имеют ограниченную диагностическую эффективность. Исключением может служить тест на прикусывание верхней губы, который повышает выявляемость ТДП с 10 до 60%, однако такие результаты вряд ли можно признать удовлетворительными.

Несколько лучше обстоят дела с применением объединения различных признаков и симптомов в шкалы, однако и их применение не сопровождается точным прогнозом ТЛС и ТИ при клиническом использовании.

Внедрение инструментальных методов исследования громоздко и затратно, однако позволяет с большей уверенностью диагностировать ТДП при различных клинических ситуациях и у различных категорий пациентов. На сегодняшний день можно уверенно говорить, что такие показатели, как толщина языка, расстояние от кожи до надгортанника или голосовых складок, длинный надгортанник, могут достаточно точно предсказывать трудности на различных этапах ППДП от вентиляции лицевой маской до ларингоскопии и интубации трахеи.

Наиболее оптимальным методом диагностики ТДП следует считать УЗИ, которое, в отличие от рентгенологических и магнитно-резонансных методов, может проводиться на операционном столе, в отделении реанимации, в машине скорой помощи и т. д. При этом менее точные показатели по сравнению с магнитно-резонансными и рентгенологическими исследованиями не должны останавливать клиницистов, так как они компенсируются более быстрым выполнением исследования.

Внедрение методов превентивной ларингоскопии позволяет в ряде случаев избежать фатальных послед-

ствий ситуации «не могу интубировать, не могу вентилировать», особенно при онкологическом поражении гортаноглотки или необходимости экстубации после выраженного ее повреждения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Этическое утверждение. Не требуется.

Ethics approval. Not required.

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, находятся в открытом доступе в репозитории Mendeley Data по адресу: <https://doi.org/10.17632/n68x8kcvj8.1>

Data Availability Statement. The data that support the findings of this study are openly available in repository Mendeley Data at <https://doi.org/10.17632/n68x8kcvj8.1>

ORCID авторов:

Зайцев А.Ю. — 0000-0001-9425-202X

Усикян Э.Г. — 0000-0002-2158-1284

Дубровин К.В. — 0000-0002-4677-0508

Светлов В.А. — 0000-0002-9535-7242

Выжигина М.А. — 0000-0002-6024-0191

Жукова С.Г. — 0000-0001-5468-3183

Литература/References

- [1] *Schnittker R., Marshall S.D., Berecki-Gisolf J.* Patient and surgery factors associated with the incidence of failed and difficult intubation. *Anaesthesia*. 2020; 75(6): 756–66. DOI: 10.1111/anae.14997
- [2] *Crosby E.* The unanticipated difficult airway—evolving strategies for successful salvage. *Can J Anaesth*. 2005; 52(6): 562–7. DOI: 10.1007/BF03015763
- [3] *Kwon Y.S., Lee C.A., Park S., et al.* Incidence and outcomes of cricothyrotomy in the “cannot intubate, cannot oxygenate” situation. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(42): e17713. DOI: 10.1097/MD.00000000000017713
- [4] *Mallampati S.R., Gatt S.P., Gugino L.D., et al.* A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study. *Can Anaesth Soc J*. 1985; 32(4): 429–34. DOI: 10.1007/BF03011357

- [5] *Samsoon G.L., Young J.R.* Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia*. 1987; 42(5): 487–90. DOI: 10.1111/j.1365-2044.1987.tb04039.x
- [6] *Heinrich S., Birkholz T., Irouschek A., et al.* Incidences and predictors of difficult laryngoscopy in adult patients undergoing general anesthesia: a single-center analysis of 102,305 cases. *J Anesth*. 2013; 27(6): 815–21. DOI: 10.1007/s00540-013-1650-4
- [7] *Lundstrøm L.H., Møller A.M., Rosenstock C., et al.* High body mass index is a weak predictor for difficult and failed tracheal intubation: a cohort study of 91,332 consecutive patients scheduled for direct laryngoscopy registered in the Danish Anesthesia Database. *Anesthesiology*. 2009; 110(2): 266–74. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318194cac8
- [8] *Lundstrøm L.H., Vester-Andersen M., Møller A.M., et al.* Poor prognostic value of the modified Mallampati score: a meta-analysis involving 177 088 patients. *Br J Anaesth*. 2011; 107(5): 659–67. DOI: 10.1093/bja/aer292
- [9] *Healy D.W., LaHart E.J., Peoples E.E., et al.* A Comparison of the Mallampati evaluation in neutral or extended cervical spine positions: a retrospective observational study of > 80 000 patients [published correction appears in *Br J Anaesth*. 2016; 117 Suppl 1: i103]. *Br J Anaesth*. 2016; 116(5): 690–8. DOI: 10.1093/bja/aew056
- [10] *Green S.M., Roback M.G.* Is the Mallampati Score Useful for Emergency Department Airway Management or Procedural Sedation? *Ann Emerg Med*. 2019; 74(2): 251–9. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2018.12.021
- [11] *Patil V., Stehling L., Zauder H., et al.* Predicting the difficulty of intubation utilizing an intubation guide. *Anesthesiol Rev*. 1983; 10: 32–3.
- [12] *Bilgin H., Ozyurt G.* Screening tests for predicting difficult intubation. A clinical assessment in Turkish patients. *Anaesth Intensive Care*. 1998; 26(4): 382–6. DOI: 10.1177/0310057X9802600407
- [13] *Butler P.J., Dhara S.S.* Prediction of difficult laryngoscopy: an assessment of the thyromental distance and Mallampati predictive tests. *Anaesth Intensive Care*. 1992; 20(2): 139–42. DOI: 10.1177/0310057X9202000202
- [14] *Frerk C.M.* Predicting difficult intubation. *Anaesthesia*. 1991; 46(12): 1005–8. DOI: 10.1111/j.1365-2044.1991.tb09909.x
- [15] *Tse J.C., Rimm E.B., Hussain A.* Predicting difficult endotracheal intubation in surgical patients scheduled for general anesthesia: a prospective blind study. *Anesth Analg*. 1995; 81(2): 254–8. DOI: 10.1097/00000539-199508000-00008
- [16] *Aktas S., Atalay Y.O., Tugrul M.* Predictive value of bedside tests for difficult intubations. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015; 19(9): 1595–9.
- [17] *You-Ten K.E., Desai D., Postonogova T., et al.* Accuracy of conventional digital palpation and ultrasound of the cricothyroid membrane in obese women in labour. *Anaesthesia*. 2015; 70(11): 1230–4. DOI: 10.1111/anae.13167
- [18] *Benumof J.L.* Management of the difficult adult airway. With special emphasis on awake tracheal intubation [published correction appears in *Anesthesiology* 1993 Jan; 78(1): 224]. *Anesthesiology*. 1991; 75(6): 1087–110. DOI: 10.1097/00000542-199112000-00021
- [19] *Khan Z.H., Maleki A., Makarem J., et al.* A comparison of the upper lip bite test with hyomental/thyrosternal distances and mandible length in predicting difficulty in intubation: A prospective study. *Indian J Anaesth*. 2011; 55(1): 43–6. DOI: 10.4103/0019-5049.76603
- [20] *Yu T., Wang B., Jin X.J., et al.* Predicting difficult airways: 3-3-2 rule or 3-3 rule? *Ir J Med Sci*. 2015; 184(3): 677–83. DOI: 10.1007/s11845-015-1276-7
- [21] *Honarmand A., Safavi M., Ansari N.* A comparison of between hyomental distance ratios, ratio of height to thyromental, modified Mallampati classification test and upper lip bite test in predicting difficult laryngoscopy of patients undergoing general anesthesia. *Adv Biomed Res*. 2014; 3: 166. DOI: 10.4103/2277-9175.139130
- [22] *Savva D.* Prediction of difficult tracheal intubation. *Br J Anaesth*. 1994; 73(2): 149–53. DOI: 10.1093/bja/73.2.149
- [23] *Khan Z.H., Mohammadi M., Rasouli M.R., et al.* The diagnostic value of the upper lip bite test combined with sternomental distance, thyromental distance, and interincisor distance for prediction of easy laryngoscopy and intubation: a prospective study. *Anesth Analg*. 2009; 109(3): 822–4. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181af7f0d
- [24] *Patel B., Khandekar R., Diwan R., et al.* Validation of modified Mallampati test with addition of thyromental distance and sternomental distance to predict difficult endotracheal intubation in adults. *Indian J Anaesth*. 2014; 58(2): 171–5. DOI: 10.4103/0019-5049.130821
- [25] *Prakash S., Mullick P., Bhandari S., et al.* Sternomental distance and sternomental displacement as predictors of difficult laryngoscopy and intubation in adult patients. *Saudi J Anaesth*. 2017; 11(3): 273–8. DOI: 10.4103/1658-354X.206798
- [26] *Jenzer A.C., Schlam M.* Retrognathia. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. January 20, 2023.
- [27] *Mehta T., Jayaprakash J., Shah V.* Diagnostic value of different screening tests in isolation or combination for predicting difficult intubation: A prospective study. *Indian J Anaesth*. 2014; 58(6): 754–7. DOI: 10.4103/0019-5049.147176
- [28] *Detsky M.E., Jivraj N., Adhikari N.K., et al.* Will This Patient Be Difficult to Intubate? The Rational Clinical Examination Systematic Review [published correction appears in *JAMA*. 2020 Mar 24; 323(12): 1194]. *JAMA*. 2019; 321(5): 493–503. DOI: 10.1001/jama.2018.21413
- [29] *Xu J., Chen K., Deng X., et al.* Prediction of difficult laryngoscopy in school-aged patients with microtia. *Minerva Anesthesiol*. 2020; 86(4): 387–93. DOI: 10.23736/S0375-9393.19.13895-3
- [30] *Khan Z.H., Kashfi A., Ebrahimkhani E.* A comparison of the upper lip bite test (a simple new technique) with modified Mallampati classification in predicting difficulty in endotracheal intubation: a prospective blinded study. *Anesth Analg*. 2003; 96(2): 595–9. DOI: 10.1097/00000539-200302000-00053
- [31] *Faramarzi E., Soleimanpour H., Khan Z.H., et al.* Upper lip bite test for prediction of difficult airway: A systematic review. *Pak J Med Sci*. 2018; 34(4): 1019–23. DOI: 10.12669/pjms.344.15364
- [32] *Roth D., Pace N.L., Lee A., et al.* Bedside tests for predicting difficult airways: an abridged Cochrane diagnostic test accuracy systematic review. *Anaesthesia*. 2019; 74(7): 915–28. DOI: 10.1111/anae.14608
- [33] *Merah N.A., Wong D.T., Ffoulkes-Crabbe D.J., et al.* Modified Mallampati test, thyromental distance and inter-incisor gap are the best predictors of difficult laryngoscopy in West Africans. *Can J Anaesth*. 2005; 52(3): 291–6. DOI: 10.1007/BF03016066
- [34] *Han Y.Z., Tian Y., Xu M., et al.* Neck circumference to inter-incisor gap ratio: a new predictor of difficult laryngoscopy in cervical spondylosis patients. *BMC Anesthesiol*. 2017; 17(1): 55. DOI: 10.1186/s12871-017-0346-y

- [35] Salzarulo H.H., Taylor L.A. Diabetic "stiff joint syndrome" as a cause of difficult endotracheal intubation. *Anesthesiology*. 1986; 64(3): 366–8. DOI: 10.1097/00000542-198603000-00012
- [36] Reissell E., Orko R., Maunukela E.L., et al. Predictability of difficult laryngoscopy in patients with long-term diabetes mellitus. *Anaesthesia*. 1990; 45(12): 1024–7. DOI: 10.1111/j.1365-2044.1990.tb14879.x
- [37] George S.P., Jacob R. Predictability of airway evaluation indices in diabetic patients. *Indian J Anaesth*. 2003; 47(6): 476–8.
- [38] Mahmoodpoor A., Soleimanpour H., Nia K.S., et al. Sensitivity of palm print, modified mallampati score and 3-3-2 rule in prediction of difficult intubation. *Int J Prev Med*. 2013; 4(9): 1063–9.
- [39] Jackson C. The technique of insertion of intratracheal insufflation tubes. *Surg Gynecol Obstet*. 1913; 17: 507–9.
- [40] Mashour G.A., Stallmer M.L., Kheterpal S., et al. Predictors of difficult intubation in patients with cervical spine limitations. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2008; 20(2): 110–5. DOI: 10.1097/ANA.0b013e318166dd00
- [41] Chhina A.K., Jain R., Gautam P.L., et al. Formulation of a multivariate predictive model for difficult intubation: A double blinded prospective study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2018; 34(1): 62–7. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_230_16
- [42] Narkhede H.H., Patel R.D., Narkhede H.R. A prospective observational study of predictors of difficult intubation in Indian patients. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2019; 35(1): 119–23. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_269_17
- [43] Ayuso M.A., Sala X., Luis M., et al. Predicting difficult orotracheal intubation in pharyngo-laryngeal disease: preliminary results of a composite index. *Can J Anaesth*. 2003; 50(1): 81–5. DOI: 10.1007/BF03020193
- [44] Saasouh W., Laffey K., Turan A., et al. Degree of obesity is not associated with more than one intubation attempt: a large centre experience. *Br J Anaesth*. 2018; 120(5): 1110–6. DOI: 10.1016/j.bja.2018.01.019
- [45] Wilson M.E., Spiegelhalter D., Robertson J.A., et al. Predicting difficult intubation. *Br J Anaesth*. 1988; 61(2): 211–6. DOI: 10.1093/bja/61.2.211
- [46] Yamamoto K., Tsubokawa T., Shibata K., et al. Predicting difficult intubation with indirect laryngoscopy. *Anesthesiology*. 1997; 86(2): 316–21. DOI: 10.1097/00000542-199702000-00007
- [47] Gupta S., Pareek S., Dulara S.C. Comparison of two methods for predicting difficult intubation in obstetric patients. *Middle East J Anaesthesiol*. 2003; 17(2): 275–85.
- [48] Горбунов С.В., Баялиева А.Ж., Устимов Д.Ю. и др. Основные причины трудной интубации. *Казанский медицинский журнал*, 2016; 97(6): 925–31. DOI: 10.17750/KMJ2016-925 [Gorbunov S.V., Bayaliev A.Z., Ustimov D.Y., et al. Main causes of difficult intubation. *Kazan medical journal*. 2016; 97(6): 925–31. DOI: 10.17750/KMJ2016-925 (In Russ)]
- [49] Siddiqi R., Kazi W.A. Predicting difficult intubation—a comparison between Mallampati classification and Wilson risk-sum. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2005; 15(5): 253–6.
- [50] Shiga T., Wajima Z., Inoue T., et al. Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology*. 2005; 103(2): 429–37. DOI: 10.1097/00000542-200508000-00027
- [51] Reed M.J., Rennie L.M., Dunn M.J., et al. Is the 'LEMON' method an easily applied emergency airway assessment tool? *Eur J Emerg Med*. 2004; 11(3): 154–7. DOI: 10.1097/01.mej.0000127645.46457.b9
- [52] Hagiwara Y., Watase H., Okamoto H., et al.; Japanese Emergency Medicine Network Investigators. Prospective validation of the modified LEMON criteria to predict difficult intubation in the ED. *Am J Emerg Med*. 2015; 33(10): 1492–6. DOI: 10.1016/j.ajem.2015.06.038
- [53] Ji S.M., Moon E.J., Kim T.J., et al. Correlation between modified LEMON score and intubation difficulty in adult trauma patients undergoing emergency surgery. *World J Emerg Surg*. 2018; 13: 33. DOI: 10.1186/s13017-018-0195-0
- [54] Reed M.J., Dunn M.J., McKeown D.W. Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department? *Emerg Med J*. 2005; 22(2): 99–102. DOI: 10.1136/emj.2003.008771
- [55] El-Ganzouri A.R., McCarthy R.J., Tuman K.J., et al. Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg*. 1996; 82(6): 1197–204. DOI: 10.1097/00000539-199606000-00017
- [56] Cortellazzi P., Minati L., Falcone C., et al. Predictive value of the El-Ganzouri multivariate risk index for difficult tracheal intubation: a comparison of Glidescope videolaryngoscopy and conventional Macintosh laryngoscopy. *Br J Anaesth*. 2007; 99(6): 906–11. DOI: 10.1093/bja/aem297
- [57] Perez F.C., Escobar I.C., Diaz M.I. Capacidad del índice de El-Ganzouri para predecir el grado de dificultad en la intubación traqueal. *Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación*. 2019; 18(2).
- [58] Samra S.K., Schork M.A., Guinto F.C. Jr. A study of radiologic imaging techniques and airway grading to predict a difficult endotracheal intubation. *J Clin Anesth*. 1995; 7(5): 373–9. DOI: 10.1016/0952-8180(95)00067-r
- [59] Gupta S., Rajesh Sharma K.R., Jain D. Airway assessment: predictors of difficult airway. *Indian J Anaesth*. 2005; 49(4): 257–62.
- [60] Kim J., Im K.S., Lee J.M., et al. Relevance of radiological and clinical measurements in predicting difficult intubation using light wand (Surch-lite™) in adult patients. *J Int Med Res*. 2016; 44(1): 136–46. DOI: 10.1177/0300060515594193
- [61] Falcetta S., Cavallo S., Gabbanelli V., et al. Evaluation of two neck ultrasound measurements as predictors of difficult direct laryngoscopy: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2018; 35(8): 605–12. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000832
- [62] Xu M., Li X., Wang J., et al. Application of a new combined model including radiological indicators to predict difficult airway in patients undergoing surgery for cervical spondylosis. *Chin Med J (Engl)*. 2014; 127(23): 4043–8.
- [63] Han Y.Z., Tian Y., Zhang H., et al. Radiologic indicators for prediction of difficult laryngoscopy in patients with cervical spondylosis. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2018; 62(4): 474–82. DOI: 10.1111/aas.13078
- [64] Liu B., Song Y., Liu K., et al. Radiological indicators to predict the application of assistant intubation techniques for patients undergoing cervical surgery. *BMC Anesthesiol*. 2020; 20(1): 238. DOI: 10.1186/s12871-020-01153-0
- [65] Ji C., Ni Q., Chen W. Diagnostic accuracy of radiology (CT, X-ray, US) for predicting difficult intubation in adults: A meta-analysis. *J Clin Anesth*. 2018; 45: 79–87. DOI: 10.1016/j.jclinane.2017.12.023
- [66] Набиев Ф.Х., Добродеев А.С., Либин П.В. и др. Комплексная оценка зубочелюстной аномалии класса II по классификации

- Энгля с сопутствующим синдромом обструктивного апноэ во сне. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2015; 18(4): 47–56. DOI: 10.17223/1814147/55/8 [Nabiev F. Kh., Dobrodeev A.S., Libin P.V., et al. The comprehensive assessment of class II dentoalveolar anomaly according to Angle's classification with concomitant obstructive sleep apnea syndrome. Voprosy Rekonstruktivnoy I Plasticheskoy Khirurgii. 2015; 18(4): 47–56. DOI: 10.17223/1814147/55/8 (In Russ)]
- [67] *Набиев Ф.Х., Добродеев А.С., Либин П.В. и др.* Особенности диагностики и методов лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями II класса по классификации Энгля, сопровождающимися синдромом обструктивного апноэ сна. Стоматология. 2014; 93(6): 74–7. DOI: 10.17116/stomat201493674-77 [Nabiev F. Kh., Dobrodeev A.S., Libin P.V., et al. Specific parameters of diagnosis and treatment methods for patients with class II dentoalveolar anomalies according to Angle's classification accompanied by obstructive sleep apnea syndrome. Stomatologiya. 2014; 93(6): 74–7. DOI: 10.17116/stomat201493674-77 (In Russ)]
- [68] *Münster T., Hoffmann M., Schlaffer S., et al.* Anatomical location of the vocal cords in relation to cervical vertebrae: A new predictor of difficult laryngoscopy? Eur J Anaesthesiol. 2016; 33(4): 257–62. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000430
- [69] *Yao W., Wang B.* Can tongue thickness measured by ultrasonography predict difficult tracheal intubation? Br J Anaesth. 2017; 118(4): 601–9. DOI: 10.1093/bja/aeX051
- [70] *Abraham S., Himarani J., Mary Nancy S., et al.* Ultrasound as an Assessment Method in Predicting Difficult Intubation: A Prospective Clinical Study. J Maxillofac Oral Surg. 2018; 17(4): 563–9. DOI: 10.1007/s12663-018-1088-1
- [71] *Yadav N.K., Rudingwa P., Mishra S.K., et al.* Ultrasound measurement of anterior neck soft tissue and tongue thickness to predict difficult laryngoscopy — An observational analytical study. Indian J Anaesth. 2019; 63(8): 629–34. DOI: 10.4103/ija.1JA_270_19
- [72] *Ezri T., Gewürtz G., Sessler D.I., et al.* Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. Anaesthesia. 2003; 58(11): 1111–4. DOI: 10.1046/j.1365-2044.2003.03412.x
- [73] *Dong F., Wang Y., Wang X., et al.* Changes in the upper airway following induction of anaesthesia: a prospective observational study protocol to determine the use of ultrasound in the assessment of a difficult airway in China. BMJ Open. 2019; 9(7): e029782. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-029782
- [74] *Parameswari A., Govind M., Vakamudi M.* Correlation between preoperative ultrasonographic airway assessment and laryngoscopic view in adult patients: A prospective study. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2017; 33(3): 353–8. DOI: 10.4103/joacp.JOACP_166_17
- [75] *Wang X., Wang Y., Zheng Z.W., et al.* Ultrasound measurements for evaluation of changes in upper airway during anaesthesia induction and prediction difficult laryngoscopy: a prospective observational study. Sci Rep. 2022; 12(1): 18564. DOI: 10.1038/s41598-022-21695-2
- [76] *Martínez-García A., Guerrero-Orriach J.L., Pino-Gálvez M.A.* Ultrasonography for predicting a difficult laryngoscopy. Getting closer. J Clin Monit Comput. 2021; 35(2): 269–77. DOI: 10.1007/s10877-020-00467-1
- [77] *Bhargava V., Rockwell N.A., Tawfik D., et al.* Prediction of Difficult Laryngoscopy Using Ultrasound: A Systematic Review and Meta-Analysis. Crit Care Med. 2023; 51(1): 117–26. DOI: 10.1097/CCM.00000000000005711
- [78] *Carsetti A., Sorbello M., Adrario E., et al.* Airway Ultrasound as Predictor of Difficult Direct Laryngoscopy: A Systematic Review and Meta-analysis. Anesth Analg. 2022; 134(4): 740–50. DOI: 10.1213/ANE.00000000000005839
- [79] *Gaszyński T.* The use of the C-MAC videolaryngoscope for awake intubation in patients with a predicted extremely difficult airway: case series. Ther Clin Risk Manag. 2018; 14: 539–42. DOI: 10.2147/TCRM.S150536
- [80] *Tasli H., Karaman N.E., Isler D., et al.* A Predictor of Difficult Airway: The Tasli Classification in Transnasal Flexible Laryngoscopy. J Voice. 2021; S0892-1997(21)00211-3. DOI: 10.1016/j.jvoice.2021.06.022
- [81] *Jain S., Kallio P.J., Less K., et al.* Anesthesia Preoperative Clinic Evaluation of Obstructive Sleep Apnea Using Nasal Fiberoptic Videoendoscopy: A Pilot Study Comparison with Polysomnography. Anesth Pain Med. 2018; 8(1): e63546. DOI: 10.5812/aapm.63546
- [82] *Barclay-Stewart A., Großhennig H.L., Sasu P., et al.* Transnasal Videoendoscopy for Preoperative Airway Risk Stratification: Development and Validation of a Multivariable Risk Prediction Model. Anesth Analg. 2023; 136(6): 1164–73. DOI: 10.1213/ANE.00000000000006418
- [83] *Зайцев А.Ю., Светлов В.А., Дубровин К.В.* Трудные дыхательные пути. Как не испугаться и не ошибиться. М.: Гэотар-Медиа, 2020. 128 с. ISBN 978-5-9704-5368-1 [Zaytsev A. Yu., Svetlov V.A., Dubrovin K.V. Difficult airways. How not to afraid and not make mistake. М.: Geotar-Media, 2020. 128 p. ISBN 978-5-9704-5368-1 (In Russ)]