

На правах рукописи

Усикян Эмин Грачович

**Инструментальная диагностика
трудных дыхательных путей**

3.1.12 - Анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2024

**Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении
«Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»**

Научный руководитель:

Доктор медицинских наук

Зайцев Андрей Юрьевич

Официальные оппоненты:

Шифман Ефим Мунович- доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии факультета усовершенствования врачей.

Оруджева Саида Алияровна - доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А. В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, старший научный сотрудник отдела ран и раневых инфекций.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России.

Защита состоится «__» _____ 2024 г. в «__» часов на заседании диссертационного совета 24.1.204.01 в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу: 119991, г. Москва, ГСН-1, Абрикосовский переулок, д.2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу: 119991, г. Москва, ГСН-1, Абрикосовский переулок, д.2 и на сайте www.med.ru

Автореферат разослан

«__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета, д.м.н.

Никода Владимир Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Обеспечение безопасности проходимости дыхательных путей является краеугольным камнем в анестезиологии (Mustafa K. Y. et al., 2023). Данная проблема всегда будет актуальной, поскольку своевременное предупреждение критической ситуации напрямую влияет на качество и конечный результат оказания медицинской помощи пациентам (Apfelbaum J.L. et al., 2022).

Трудные дыхательные пути (ТДП) являются существенной причиной осложнений и смертности во время анестезии (Kollmeier B.R. et al., 2023). По данным Т. М. Cook и S. R. MacDougall-Davis (2012) частота неудачной интубации составляет 1 на 2000 плановых хирургических вмешательств, 1 на 300 при быстрой последовательной индукции и 1 на 50-100 в экстренной хирургии, амбулатории, интенсивной терапии и догоспитальном этапе оказания медицинской помощи. Например, ситуация «не могу интубировать, не могу вентилировать» (НИНВ) встречается менее чем у 1 из 5000 в общей анестезии и требует экстренного хирургического доступа (ЭХД) только у 1 из 50 000 пациентов (Popović S. E., Mitre C. 2018). Однако почти 25% случаев всей анестезиологической летальности приходится именно на ситуацию НИНВ. Частота НИНВ, требующая ЭХД, может вырасти до 1 на 200 пациентов в отделениях неотложной помощи, интенсивной терапии и догоспитальном этапе.

Современный подход к прогнозированию проходимости верхних дыхательных путей, позволяющим избежать ситуации НИНВ, заключается в предоперационном прогнозировании вероятной трудной ларингоскопии (Стадлер В.В. и соавт., 2021).

В настоящий момент к рутинным методам прогнозирования ТДП относятся сбор анамнеза и объективный осмотр. Общим недостатком внешнего осмотра и существующих комплексных методов оценки дыхательных путей является их субъективность, напрямую зависящая от опыта анестезиолога. В повседневной практике для оценки ТДП используют различные прогностические тесты, такие как тест Mallampati, Cook, открытие рта, тироментальное и стерноментальное расстояние, протрузия верхней челюсти, отпечаток ладони, шкалы El-Ganzouri, LEMON и многие другие. Их прогностическая ценность при ТДП очень низка. Исключение составляет шкала Cormack–Lehane, которую с успехом применяют для оценки трудности при ларингоскопии (Frenk C. et al., 2011; Андреев А. А. и соавт., 2021; Зайцев А. Ю. и соавт., 2021).

С целью диагностики ТДП привлекает возможность использовать информацию, полученную с помощью инструментальных методов исследования (рентгенография,

компьютерная томография (КТ), магниторезонансная томография (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), эндоскопия и некоторые другие), штатно включаемых в программу предоперационного обследования некоторых категорий пациентов (Ji C. et al., 2018; Han Y. Z. et al., 2018; Martínez-García A. et al., 2021; Зайцев А. Ю. и соавт., 2023).

Особенно это касается выявления КТ и УЗИ предикторов ТДП, которые могут быть использованы в практике нейрохирургии, хирургии головы и шеи и др., когда эти исследования включены в перечень обязательных перед оперативным вмешательством. В настоящее время нет убедительных данных, позволяющих рекомендовать определенные инструментальные исследования в качестве рутинных методов обследования пациентов для прогнозирования ТДП. Выявление ультразвуковых и КТ признаков ТДП позволит объективно оценивать на различных этапах поддержания проходимости верхних дыхательных путей.

Цель исследования:

Разработать методы инструментального контроля обеспечения безопасности ведения пациентов с трудными дыхательными путями.

Задачи исследования

1. Выявить роль радиологических методов исследования для диагностики трудной ларингоскопии.
2. Определить возможности ультразвукового исследования при ларингоскопии, как одного из этапа трудных дыхательных путей.
3. Оценить преимущества и недостатки инструментальных методов исследования в сравнении с прогностическими оценочными шкалами для выявления трудных дыхательных путей.
4. Разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм инструментальной диагностики трудных дыхательных путей.

Научная новизна работы

1. Впервые в отечественной практике оценены возможности ультразвуковых исследований при диагностике трудной ларингоскопии.
2. Доказан прогностический потенциал предикторов трудной ларингоскопии с помощью компьютерной томографии.
3. Оценены преимущества и недостатки инструментальных методов исследования в сравнении со шкалой LEMON для выявления трудной интубации.

Практическая значимость

В ходе проведенной работы аргументированы, разработаны и внедрены в практику принципы наиболее эффективной и безопасной оценки риска трудной ларингоскопии.

Анализ результатов полученных с помощью УЗИ и КТ позволил выявить предикторы для точного определения вероятности развития ситуации «трудных дыхательных путей» у пациентов, а разработанный на её основе алгоритм выбора метода диагностики проходимости дыхательных путей показал свою эффективность в клинической практике.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Применение лучевых методов оценки (УЗИ и КТ) дыхательных путей целесообразно в связи с высокими прогностическими потенциалами методов.
2. Прогностический потенциал, применяемых стандартных способов оценки дыхательных путей (шкалы LEMON), уступает лучевым методам.
3. Применение предложенной шкалы LUC (образованно сокращением с помощью начальных букв следующих аббревиатур: LEMON, US и СТ) позволяет заблаговременно выявить трудную ларингоскопию трахеи.

Внедрение результатов работы

Разработанный метод внедрен и применяется при выполнении плановых оперативных вмешательств у пациентов на базе отделения анестезиологии и реанимации I (общей анестезиологии) ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б. В. Петровского».

Личный вклад автора

Автор лично принимал участие в разработке протоколов диагностики трудной ларингоскопии, выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку теоретических моделей, методик экспериментальных исследований, проведение исследований, анализ и оформление результатов в виде публикаций и научных докладов. Полученные результаты представляют собой усовершенствование ранее известных методик и способов решения отдельных задач диагностики трудной ларингоскопии

Степень достоверности

Фундаментом полученных выводов послужили результаты статистического исследования, проведенного при помощи программного обеспечения Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics 28.0.1.0 Для определения распределения использовались тесты Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова, U-критерий Манна-Уитни для двух независимых выборок, диагностическую способность оценивалось, определяя чувствительность и специфичность с помощью ROC анализа.

Достоверность результатов обусловлена соблюдением нормативов теоретического и экспериментального исследования. Выборка репрезентативна. Длительность работы

составила 3 года, что позволило обеспечить исследование достаточного количества пациентов.

Апробация результатов

Материалы диссертации были представлены на: Форуме анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2020), (Санкт-Петербург, 25-27 октября 2020 г.); XIX Съезде федерации анестезиологов и реаниматологов - Форуме анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2021), (Санкт-Петербург, 9-11 октября 2021 г.); II конгрессе «Безопасность в анестезиологии и интенсивной терапии», посвященном памяти академика РАН А.А. Бунятына, (Москва, 29 сентября 2022 г.); XX Всероссийской научно-образовательной конференции «Рекомендации и индивидуальные подходы в анестезиологии и реаниматологии», (Москва, 21 мая 2023 г.); XXI Съезде Федерации анестезиологов и реаниматологов - Форуме анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2023), (Санкт-Петербург, 14-16 октября 2023 г.).

Диссертация апробирована и рекомендована к защите на объединенной научной конференции отдела анестезиологии и реанимации ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского», кафедры анестезиологии и реаниматологии ИПО ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Министерства Здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), отделения анестезиологии и хирургической реанимации ФГБУ «Клиническая больница №1» (Волынская) Управления делами Президента РФ. (Протокол № 14/22 от 27.05.2022 г.).

Публикации

Материалы исследования отражены в 8 публикациях, в том числе 4 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации.

Структура и объём диссертации

Диссертация изложена на 105 листах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы, содержащего 105 источников (14 отечественных и 91 зарубежных публикации). Диссертация иллюстрирована 10 таблицами и 22 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Клиническая характеристика обследованных пациентов и методология исследования

С целью выявления наиболее оптимального метода инструментальной диагностики ТДП проведены открытые проспективные нерандомизированные исследования у 130 пациентов, проходивших лечение в ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. академика Б. В. Петровского» и ГБУЗ «Городская клиническая больница № 13» Департамента здравоохранения Москвы с 2019 по 2022 г.

Критерии включения:

Возраст старше 18 лет, возможность лежать на спине, сгибать и разгибать голову, степень анестезиологического риска по ASA I - III ст, проведение общей анестезии с оротрахеальной интубацией трахеи.

Критерии исключения:

Невозможность находиться в горизонтальном положении, степень анестезиологического риска по ASA IV-VI, экстренные оперативные вмешательства.

Методы исследования пациентов

Всех пациентов накануне исследования тестировали по шкале LEMON. Тестирование проводили в сидячем положении. Для измерения расстояний использовали штангенциркуль. Запрокидывание головы оценивали с помощью транспортира.

Предикторы трудных дыхательных путей, полученные с помощью компьютерной томографии

Обследовано 60 пациентов (40-Мужчин и 20-Женщин), которым в процессе подготовки к оперативному вмешательству выполняли КТ головы и шейного отдела позвоночника перед оперативным вмешательством.

Пациенты были распределены на 2 группы в зависимости от результатов ларингоскопии по шкале Кормак-Лехан. 1-ю группу составили пациенты с трудной ларингоскопией (ТЛС) – 3-4 балла (n=15); 2-ю группу с легкой ларингоскопией (без ТЛС)- 1-2 балла (n=45).

В 1-й группе выполнялась классическая, а затем видеоассистированная ларингоскопия. Во 2-й группе была выполнена классическая прямая ларингоскопия.

КТ исследование выполняли с толщиной среза 0,3 мм, в вертикальной и фронтальной проекции. Доза облучения составила от 2,61мЗв до 3,09мЗв.

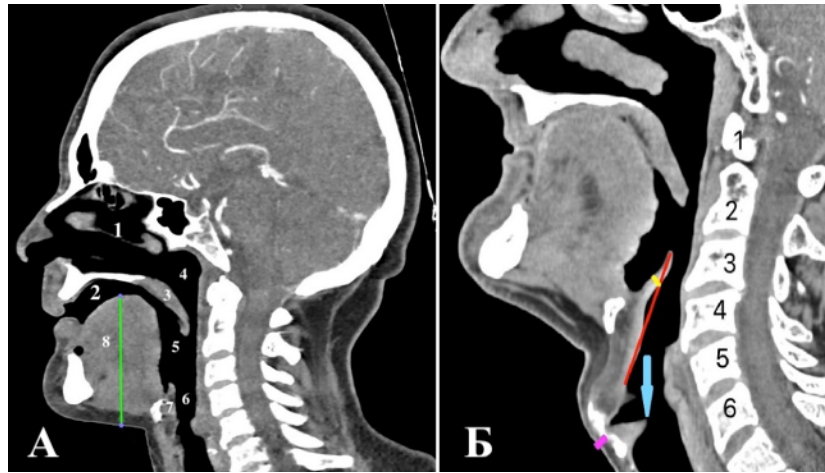


Рисунок 1 - КТ ротогортаноглотки и трахеи в сагитальной проекции

А – КТ ротогортаноглотки и трахеи в сагитальной проекции (1-полость носа, 2-полость рта, 3-язычок, 4-носоглотка, 5-ротоглотка, 6-гортаноглотка, 7-надгортаник, 8 – язык, зеленая линия - «толщина языка»); **Б** – КТ гортаноглотки и гортани в сагитальной проекции (фиолетовая линия - «толщина мягких тканей на уровне голосовых складок», красная линия- «длина надгортанника» жёлтая линия- «толщина надгортанника», голубая стрелка - «отношение голосовых складок к позвонкам шейного отдела», черными цифрами отмечены позвонки шейного отдела).

К КТ предикторам относили: толщину языка и мягких тканей на уровне голосовых складок, вертикальное расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти (ВР), толщину надгортанника, длину надгортанника, расположение голосовых связок на уровне шейных позвонков, атланто-затылочный промежуток, промежуток между первым и вторым шейными позвонками, расстояние между голосовыми связками (рис. - 1, рис. - 2).

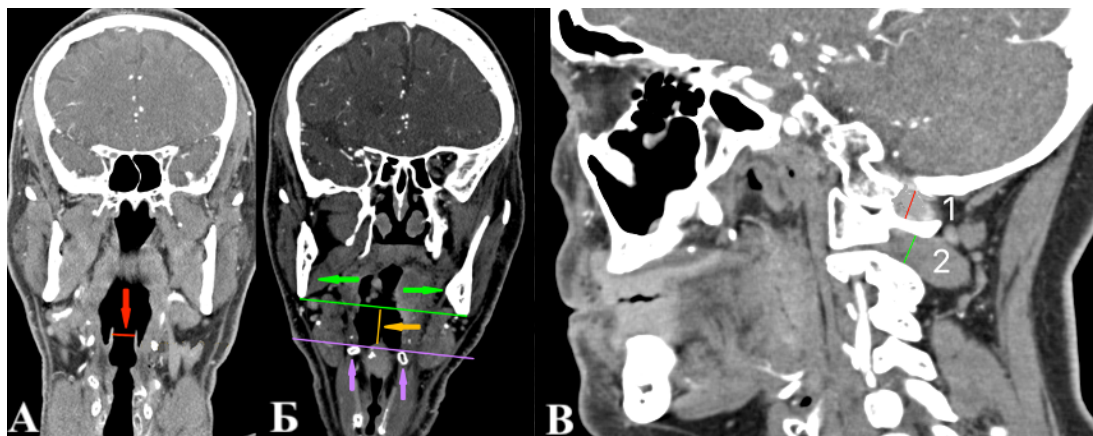


Рисунок 2 - КТ головы во фронтальной проекции шейного отдела позвоночника в сагитальной проекции

А – КТ головы и шеи в фронтальной проекции на уровне голосовых складок (красная стрелка-расстояние между голосовыми связкам); **Б** – КТ головы и шеи в фронтальной проекции (оранжевая

стрелка - вертикальное расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти, зеленая стрелка – нижняя челюсть, фиолетовая стрелка – подъязычная кость); **В** – КТ позвоночника шейного отдела в сагитальной проекции (красный (1) - атланта-затылочный промежуток, зеленый (2) - промежуток между первым и вторым шейными позвонками).

УЗИ ротогортаноглотки и трахеи

Для выявления предикторов ТДП с помощью УЗИ было обследовано 70 пациентов (29-Мужчин и 41-Женщин).

Все пациенты также как и в случаи с КТ были распределены на 2 группы в зависимости от результатов ларингоскопии по шкале Кормак-Лехан.

1-ю группу вошли пациенты (n-25) с ТЛС, которым выполнялась классическая или видеоассистированная интубация не с первой попытки (по шкале Кормак-Лехан - III и IV балла).

Во 2-ю группу (контрольную) составили пациенты (n-45), которым проводилась классическая интубация трахеи (Кормак-Лехан - I и II балла) – без ТЛС.

С помощью конвексного датчика проводили измерения толщины языка (ТЯ), вертикального расстояние от самой высокой точки подъязычной кости до тела нижней челюсти (ВР) и толщина надгортанника, а толщины мягких тканей на уровне голосовых складок (ТМТ) сканировали с помощью линейного датчика.

Для сканирования языка измеряли расстояние от верхнего края языка до кожи, поскольку не всегда можно было визуализировать челюстно-подъязычную мышцу и подбородочно-подъязычную мышцу (рис. - 3).

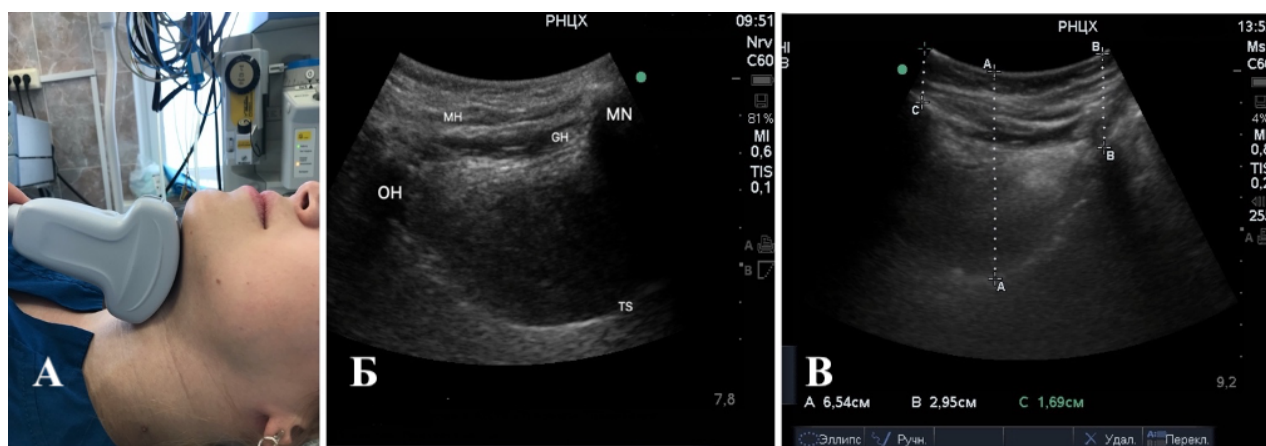


Рисунок 3 -Ультразвуковое исследование подчелюстной области и языка

А – расположение датчика; **Б** – МН челюстно-подъязычная мышца, ГН- подбородочно-подъязычная мышца, ТS- поверхность языка, ОН-подъязычная кость, MN-нижняя челюсть; **В** – А-А -толщина языка, В-В - расстояние от нижней челюсти до кожи, С-С -расстояние от подъязычной кости до кожи.

Вертикальное расстояние от подъязычной кости до нижней челюсти (ВР) позволяет определить объем мягких тканей и, соответственно, положение голосовой щели. Для расчёта ВР проводили две оси через вышеозначенные структуры, расстояние между этими осями является искомым (рис. - 3, рис. - 4).

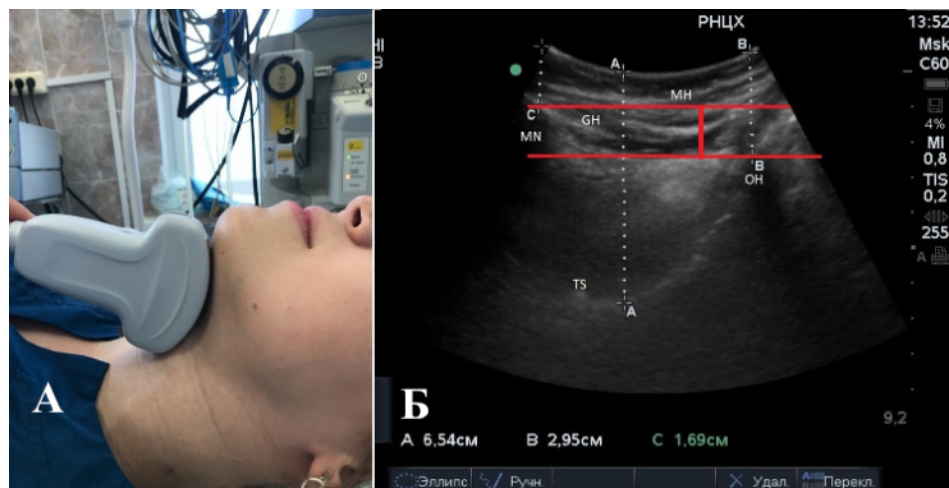


Рисунок 4 - УЗИ языка и диафрагмы полости рта

А – продольное расположение датчика; Б – МН – челюстно-подъязычная мышца, ГН – подбородочно-подъязычная мышца, ТS – поверхность языка, ОН – подъязычная кость, МN – нижняя челюсть, А – толщина языка, В – расстояние от подъязычной кости до кожи, С – расстояние от нижней челюсти до кожи.

Толщину надгортанника измеряли, установив УЗ датчик поперечно(рис. 5.А) в подбородочном треугольнике над подъязычной костью. Индикатор датчика располагали контрлатерально. При манипулировании датчиком достигали наилучшего вида надгортанника (рис. 5.Б и 5.В).

Для оценки анатомии гортани и толщины мягких тканей на уровне голосовых складок использовали линейный датчик. С этой целью пальпаторно определяли перстне-щитовидную связку, где размещали датчик в поперечном положении. Индикатор располагали контрлатерально (рис.6).

Диагностическая способность (специфичность и чувствительность) клинических признаков шкалы LEMON и данных КТ и УЗИ была рассчитана с помощью ROC-AUC анализа у пациентов в группе с ТДП (1-я группа) и у пациентов без ТДП (2-я группа).

Выявление значимости КТ признаков при трудной ларингоскопии

В отличие от шкалы LEMON, тесты которой давно применяются в клинической практике и хорошо известны, КТ признаки ТДП изучены недостаточно. Анализ полученных данных (таблица 1) выявил, что из всех критериев только 3 показали отличия у пациентов

без и с трудной ларингоскопией. Рентгенологическими предикторами ТЛС служили: большой язык (ТЯ)), расположение голосовых складок (ВР), большой надгортанник (ТН).

Значения остальных предикторов (ТТ, ДН, РГС, АЗП, ПМПВП и РМГС) не отличались у пациентов с ТЛС и без ТЛС.

Следующим этапом исследования стало выявление пороговых значений для КТ предикторов при ТЛС. С этой целью у этих же 60 пациентов выполнен ROC-AUC анализ полученных данных, который показал, что шкала LEMON имеет среднюю диагностическую способность ($AUC 0,697$ $p \leq 0,023$ ДИ-0,534-0,860) (рис. - 7).

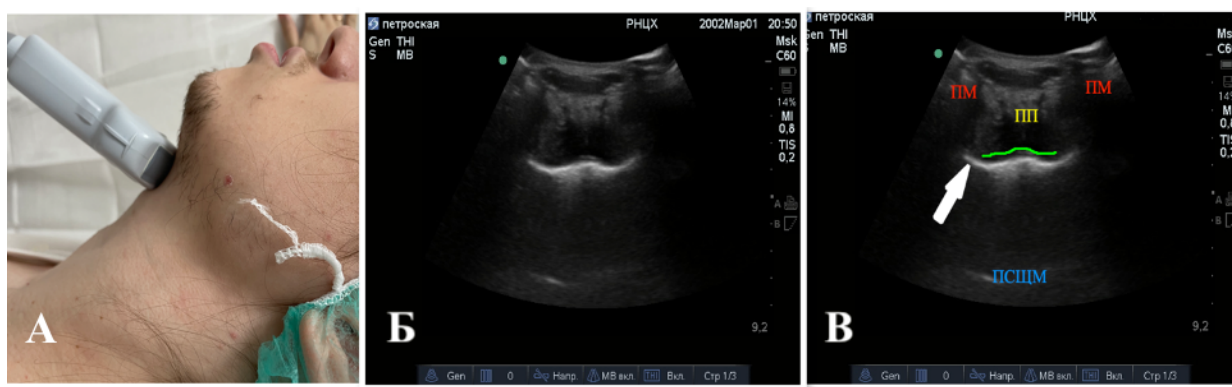


Рисунок 5 - Ультразвуковое исследование надгортанника

А – поперечное расположение датчика; Б – Ультразвуковое изображение надгортанника; В – Зеленое - надгортанник, ПП – Пред-надгортанное пространство, ПМ - подподъязычные мышцы, ПСЦМ - поперечный срез щитовидной мембраны, Стрелка - Ткань-воздух граница

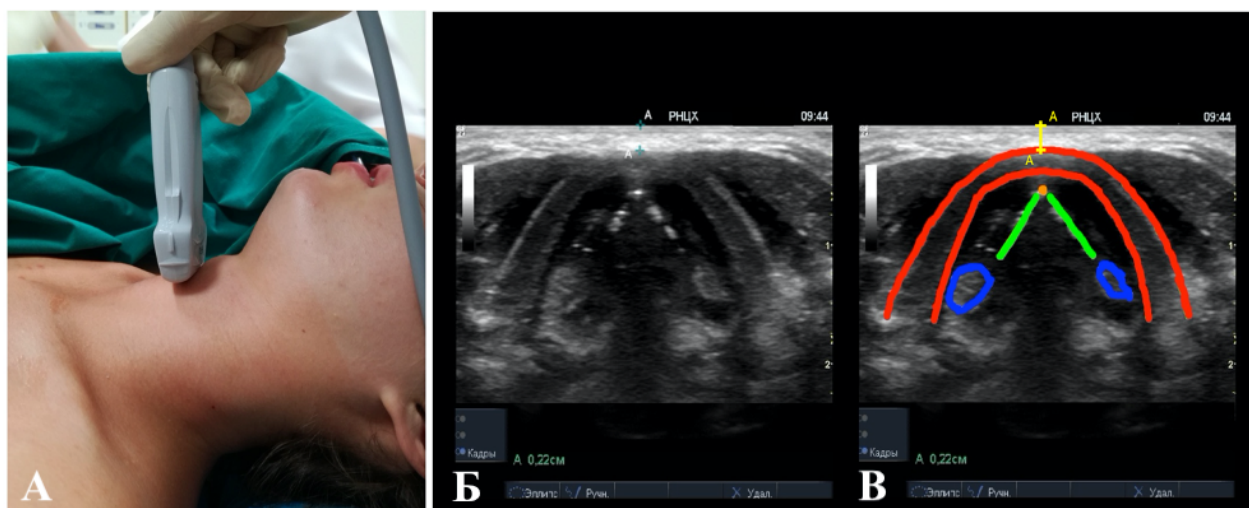


Рисунок 6 – Сонография на уровне голосовых складок

А – поперечное расположение датчика; Б – Ультразвуковое изображение голосовых складок; В – Красное - щитовидный хрящ, зеленое- голосовые связки, синее - черпаловидные хрящи,оранжевое – передняя комиссура, А-А - толщина мягких тканей.

При этом чувствительность метода составила всего 26,7%, что указывает на низкую прогностическую способность шкалы LEMON при диагностике ТЛС. Специфичность шкалы LEMON была достаточно высокой (95,6%), что позволяло в большинстве случаев выявить пациентов без ТЛС (положительное прогностическое значение (ППЗ) – 66,7% и отрицательное прогностическое значение (ОПЗ) - 79,6%).

Таблица 1 - Сравнение признаков компьютерной томографии у пациентов в 1-й и 2-й группах

Показатели	Группа с ТЛС (n=15)	Группа без ТЛС (n=45)	<i>P</i>
Толщина языка, мм	80,8 [76,1; 84,9]	72,4 [68,950; 75,150]	<0,001
Вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, мм	22,7 [20,2; 28,6]	20,4 [19,4; 21,3]	0,012
Толщина мягкой ткани шеи, мм	6,4 [5,6; 9,02]	6,4 [5,35;8,4]	0,663
Толщина надгортанника, мм	3,23 [2,7; 3,6]	2,5 [2,4;755].	0,003
Длина надгортанника, мм	33,4 [31; 36,1]	32,1 [30,4; 34,4]	0,229
Расположение голосовых связок на уровне шейных позвонков, шейные позвонки	5 [4; 5]	5 [5; 5]	0,120
Атлanto-затылочный промежуток, мм	8,4 [7,0; 10]	8,4 [7,6; 9,35]	0,590
Промежуток между первым и вторым шейными позвонками, мм	9,2 [6,7; 10,4]	9,4 [8,25; 9,9]	0,573
Расстояние между голосовыми связками, мм	10,1 [9,1; 12,2]	10,65 [9,4;11,6]	0,651

Примечание. Данные указаны в виде Me [25; 75]. *P* - уровень значимости по U-критерий Манна–Уитни, ТЛС - трудная ларингоскопия.

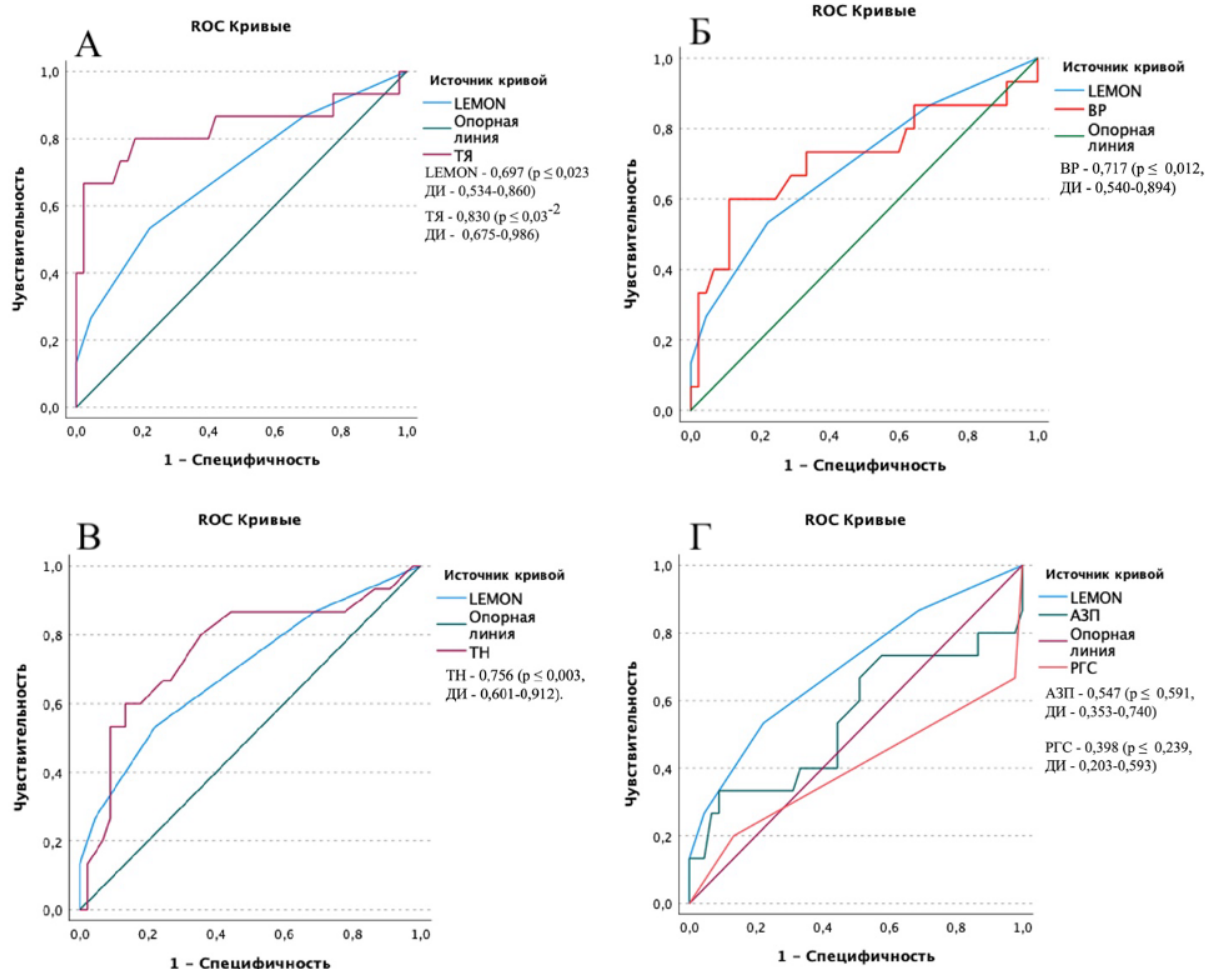


Рисунок 7 - ROC-кривая для шкалы LEMON в отношении выявления трудной ларингоскопии при сравнении с данными КТ (1)

А – «ТЯ - толщина языка»; Б – «ВР - вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти»; В – «ТН - толщина надгортанника», Г – «АЗП - атланта-затылочный промежуток, РГС - расположение голосовых связок на уровне шейных позвонков»; ДИ - доверительный интервал.

Напротив, данные КТ исследований, которые показали различия у больных с и без ТЛС, продемонстрировали хорошую диагностическую способность. Как видно из рис.- 7.А, АUC такого показателя как ТЯ, составила 0,830 ($p \leq 0,03^{-2}$), что указывает на высокую диагностическую способность данного рентгенологического предиктора ТЛС. При этом, ТЯ обладала высокой чувствительностью и специфичностью (80,0 % и 77,8 %), соответственно (таблица 2). Несколько худшей диагностической способностью обладали ВР и ТН, АUC у которых составляла 0,717 ($p \leq 0,012$) и 0,756 ($p \leq 0,003$) соответственно (рис.- 7.А и 7.Б). При этом чувствительность ВР и ТН так же была значительно выше нежели чем у шкалы LEMON (73% и 60 %), но меньше, чем у ТЯ. Специфичность у ВР и ТН была средней и составила 66,7 и 62,4 %.

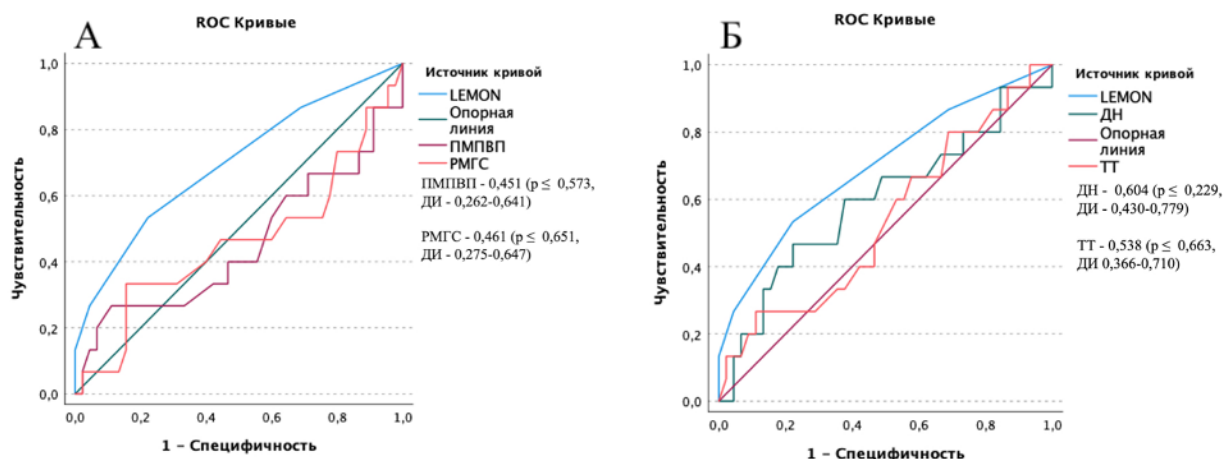


Рисунок 8 - ROC-кривая для шкалы LEMON в отношении выявления трудной ларингоскопии при сравнении с данными КТ (2)

А – «ПМПВП - промежуток между первым и вторым шейными позвонками, РМГС - расстояние между голосовыми связками», Б – «ДН-длина надгортанника, ТТ-толщина мягких ткани шеи»; ДИ - доверительный интервал.

Расчет оптимального значения отсечения позволил определить значения изучаемых рентгенологических признаков, при которых отмечается ТЛС: ТЯ $\geq 75,75$ мм, ВР $\geq 20,85$ мм, ТН $\geq 2,65$ мм. Остальные изучаемые рентгенологические предикторы ТЛС (ТТ, ДН, РГС, АЗП, ПМПВП и РМГС) обладали низкими $AUC \leq 0,5$ (рис. - 7, рис. - 8), значениями чувствительности и специфичности.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что по сравнению со шкалой LEMON высокую диагностическую ценность для выявления трудной ларингоскопии по данным КТ имеет только толщина языка. Хорошей диагностической способностью обладают: вертикальное расстояние от нижней челюсти до подъязычной кости и толщина надгортанника. При этом анестезиолог может столкнуться с ТЛС, когда ТЯ $\geq 75,75$ мм, ВР $\geq 20,85$ мм, а ТН $\geq 2,65$ мм.

Выявление значимости ультразвуковых признаков при трудной ларингоскопии

Для выявления предикторов ТДП с помощью УЗИ было обследовано 70 пациентов. Проведенное сравнительное исследование показало различие между всеми исследуемыми ультразвуковыми параметрами у пациентов с и без ТЛС. При этом размеры толщины языка, вертикального расстояния от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, толщины мягких тканей шеи и толщина надгортанника были больше у пациентов с трудной ларингоскопией, что представлено в таб. 3.

Таблица 2 - Чувствительность и специфичность данных компьютерной томографии при ларингоскопии

Переменные результата проверки	ОЗО	Ч, %	С, %	ППЗ, %	ОПЗ, %
Толщина языка, мм	75,75	80	77,8	54,5	92,1
Вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, мм	20,85	73	66,7	42,3	88,2
Толщина мягкой ткани шеи, мм	6,35	60	46,7	60	77,8
Толщина надгортанника, мм	2,65	86,7	64,4	44,8	93,5
Длина надгортанника, мм	32,3	66,7	53,3	66,7	82,8
Расположение голосовых связок на уровне шейных позвонков, шейные позвонки	5	46,7	84,4	50	82,6
Атлanto-затылочный промежуток	8,385	26,7	57,8	17,4	70,3
Промежуток между первым и вторым шейными позвонками, мм	9,25	53,3	62,2	32	80
Расстояние между голосовыми связками, мм	11,15	60	48,9	28,1	78,6

ОЗО-оптимальное значение отсечения, Ч- чувствительность, С- специфичность, ППЗ-положительное прогностическое значение, ОПЗ-отрицательная прогностическая ценность.

Таким образом, исследуемые ультразвуковые предикторы могут выявлять трудную ларингоскопию, а толщина тканей и расстояние между анатомическими образованиями имеют прямую зависимость.

Для выявления качества, чувствительности, специфичности и пороговых значений для УЗИ предикторов в сравнении со шкалой LEMON при ТЛС выполнен ROC-AUC анализ (n=70). При этом в отличие от КТ исследований площадь под кривой (AUC) для шкалы LEMON составила 0,779 ($p \leq 0.04^{-4}$, 95% доверительный интервал 0,66-0,89) (рис. - 9), что определяет хорошее качество диагностической модели.

Таблица 3 - Данные ультразвукового исследования в группах с ТЛС и без ТТЛ

Показатели	Группа с ТЛС (n=25)	Группа без ТЛС (n=45)	<i>P</i>
Толщина языка, мм	69,3 [65,95; 3,55]	54,2 [49,65; 58,1]	<0,001
Вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, мм	15,1 [13,55;18,45]	12,4 [10,9; 13,8]	<0,001
Толщина мягкой ткани шеи, мм	7,4 [5,3; 8,2]	4,8 [4,2; 5,55]	<0,001,
Толщина надгортанника, мм	3,3 [2,7; 3,9].	2,8 [2,5; 3,1].	0,007

Примечание. Данные указаны в виде Ме [25; 75]. *P* - уровень значимости по U-критерий Манна–Уитни, ТЛС - трудная ларингоскопия.

Несмотря на это, были получены низкие значения чувствительности (32%) при высокой специфичности (91,1%), что подтверждает низкую диагностическую способность шкалы LEMON для выявления ТЛС.

AUC для толщины языка (ТЯ) составила 0,89 ($p \leq 0.001$, 95% доверительный интервал 0,85-0,1) , что в соответствии с экспертной шкалой свидетельствует, что модель работает превосходно (рис. – 9.А). Оптимальное значение отсечения для ТЯ – 61 мм. Значения чувствительности – 96%, специфичности – 88,9%, Полученные данные указывают на высокую диагностическую способность ТЯ и позволяют расценивать ее, как эффективный предиктор для диагностики ТЛС.

Другие ультразвуковые предикторы, так же показали достаточно высокую диагностическую способность. AUC ВР составила 0,850 ($p \leq 0.09^{-13}$, 95% доверительный интервал 0,762-0,939) (рис. –9.Б), а для ТТ 0,790 ($p \leq 0.05^{-4}$, 95% доверительный интервал 0,665-0,915) (рис. - 9.В). Оптимальное значение отсечения (ОЗО) для ВР – 12,85 мм, а ТТ - 5,15 мм. Значения чувствительности и специфичности составляли 84% и 55,6% и 80%; 66,7% соответственно для показателей ВР и ТТ.

Таблица 4 - Чувствительность и специфичность данных ультрасонографии при ларингоскопии

Переменные результата проверки	ОЗО, мм	Ч, %	С, %	ППЗ, %	ОПЗ, %
Толщина языка	61	96	88,9	82,8	97,6
Вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти	12,85	84	55,6	51,2	86,2
Толщина мягкой ткани шеи	5,15	80	66,7	57,1	85,7
Толщина надгортанника	2,85	72	62,2	51,4	80

ОЗО-оптимальное значение отсечения, Ч- чувствительность, С- специфичность, ППЗ- положительное прогностическое значение, ОПЗ-отрицательная прогностическая ценность.

Из всех изучаемых ультразвуковых предикторов толщина надгортанника (ТН) имела наименьшие диагностические возможности в предсказании ТЛС. Как видно из рис. – 9.Г, AUC у ТН - 0,696 ($p \leq 0,007$, 95% доверительный интервал 0,551-0,841). Оптимальное значение отсечения – 2,85, а чувствительность и специфичность составили 72% и 62,2 %.

Таким образом, изучаемые с помощью ультразвука анатомические образования гортаноглотки и дна полости рта могут быть с успехом применены для диагностики трудной ларингоскопии. Наибольшее прогностическое значение имеет толщина языка, что вероятно и связано с уменьшением угла обзора при прямой ларингоскопии клинками типа Макинтош.

Из всех изучаемых ультразвуковых предикторов толщина надгортанника (ТН) имела наименьшие диагностические возможности в предсказании ТЛС. Как видно из рис. – 9.Г, AUC у ТН - 0,696 ($p \leq 0,007$, 95% доверительный интервал 0,551-0,841). Оптимальное значение отсечения – 2,85, а чувствительность и специфичность составили 72% и 62,2 %.

Таким образом, изучаемые с помощью ультразвука анатомические образования гортаноглотки и дна полости рта могут быть с успехом применены для диагностики трудной ларингоскопии. Наибольшее прогностическое значение имеет толщина языка, что вероятно и связано с уменьшением угла обзора при прямой ларингоскопии клинками типа Макинтош.

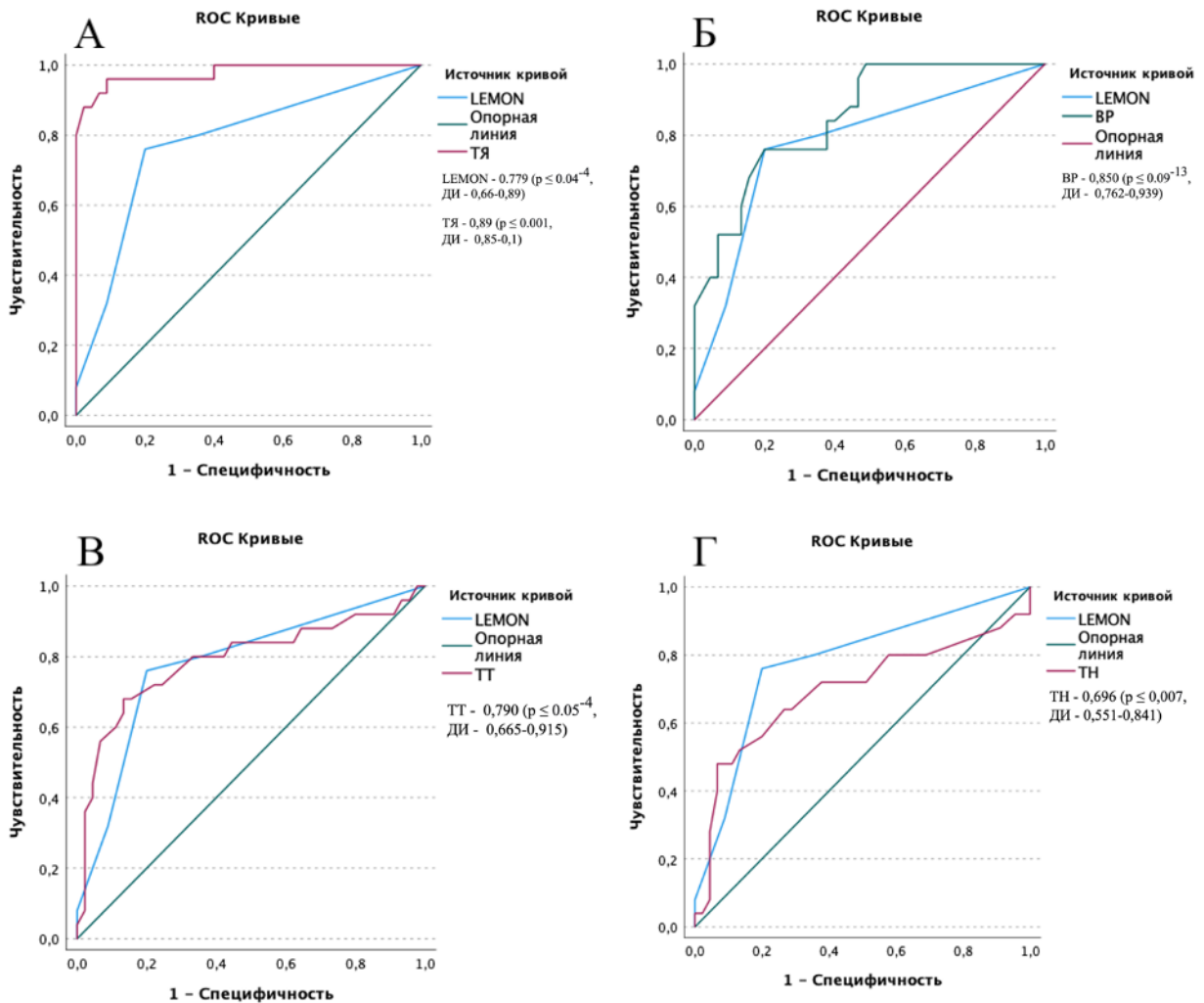


Рисунок 9 - ROC-кривая для шкалы LEMON в отношении выявления «трудной ларингоскопии» при сравнении с данными УЗИ

А – «ТЯ - толщина языка», Б – «ВР - вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти», В – «ТТ-толщина мягких тканей шеи», Г – «ТН - толщина надгортанника», ДИ- доверительный интервал.

Вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, которая указывает на нахождение голосовой щели, и толщина мягких тканей шеи хотя и уступают в диагностической способности толщине языка, но имеют достаточно высокие значения площади под кривой, чувствительности и специфичности.

Единственным ультразвуковым параметром, который показал умеренную диагностическую значимость, была толщина надгортанника. Однако это несколько не

умоляет значимость данного предиктора и позволяет его использовать с целью диагностики трудной ларингоскопии.

Расчет оптимального значения отсечения позволил определить значения изучаемых УЗИ признаков, при которых отмечается ТЛС (ТЯ \geq 61мм, ВР \geq 12,85мм, ТТ \geq 5,15мм, ТН \geq 2,85мм).

Проведенное исследование позволило разработать комплексную шкалу оценки ТЛС по оценке шкалы LEMON, данных УЗИ и КТ (LUC) (рис. - 10). Согласно шкале LUC, начисляется 1 балл за любой физикальный (Индекс риска) и инструментальный признак ТДП. 3 балла и более по шкале LUC указывают на высокую вероятность возникновения ТЛС и позволяет заранее выбрать альтернативные подходы к ларингоскопии и интубации трахеи, что должно значительно снизить риски возникновения критических ситуаций.

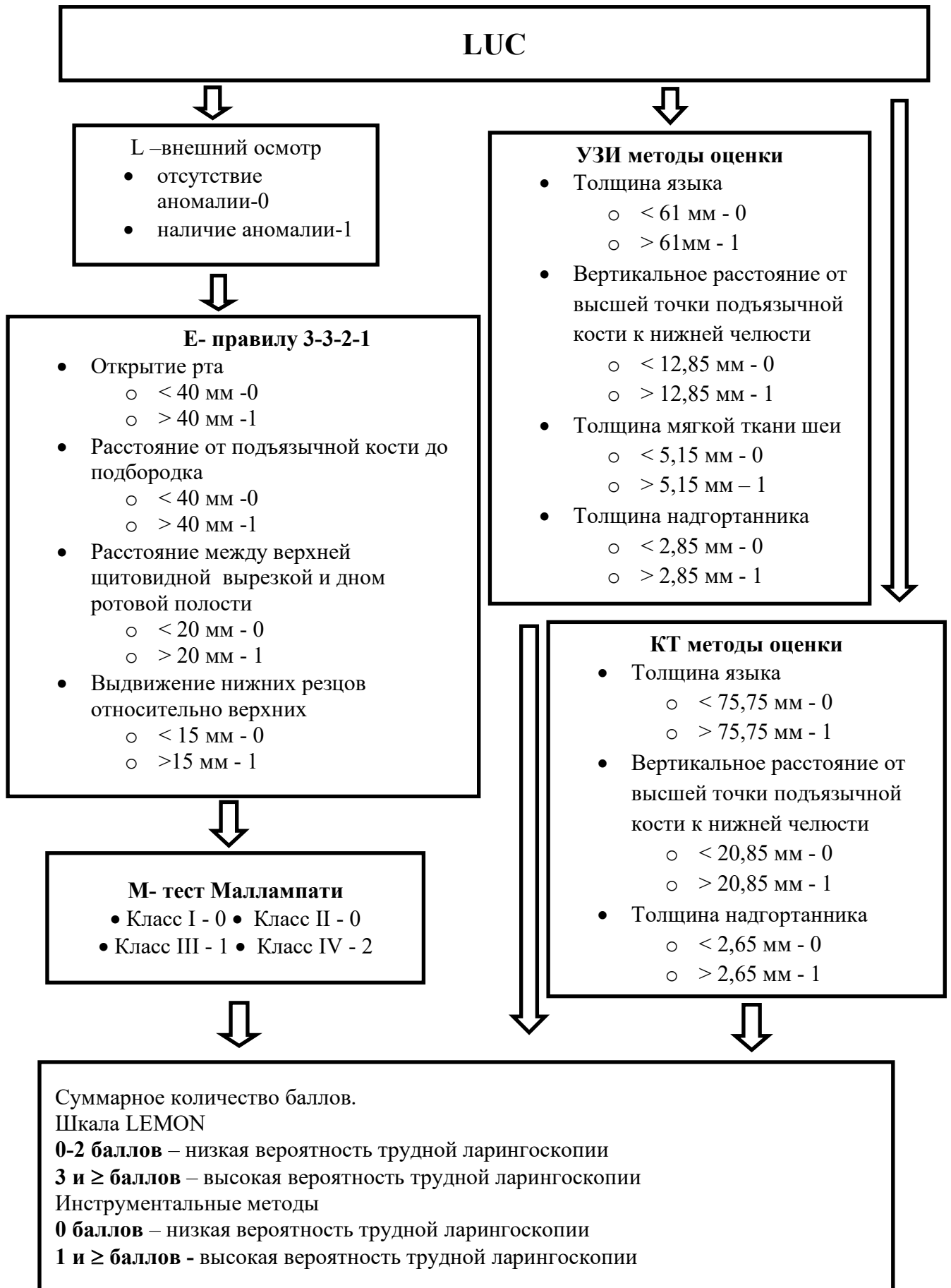


Рисунок 10 - Комплексная оценочная шкала трудных дыхательных путей LUC

ВЫВОДЫ

1. Разработанные инструментальные методы (компьютерная томография и ультразвуковые исследования) диагностики позволяют заблаговременно выявить трудную ларингоскопию трахеи.
2. Предикторы выявленные с помощью компьютерной томографии (толщина языка, вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, и толщина надгортанника) должны рассматриваться как параметры диагностики трудной ларингоскопии.
3. Ультразвуковые исследования позволяют выявить анатомические особенности дыхательных путей и такие предикторы как: толщина языка, вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти, толщина мягких тканей шеи и толщина надгортанника, которые могут быть использованы для диагностики трудной ларингоскопии трахеи.
4. Диагностическая способность инструментальных методов диагностики превышает прогностическую способность шкалы LEMON
5. Разработан комплексный алгоритм для диагностики трудной ларингоскопии на основе данных шкалы LEMON, компьютерной томографии и ультразвукового исследования.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Трудная ларингоскопия возникает при сочетании 3-4 признаков индекса риска по шкале LEMON.
2. Наличие следующих предикторов компьютерной томографии диагностирует трудную ларингоскопию: толщина языка ($\geq 75,75\text{мм}$), вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти ($\geq 20,85\text{мм}$) и толщина надгортанника ($\geq 2,65\text{мм}$).
3. Трудная ларингоскопия возникает при наличии следующих ультразвуковых предикторов - толщина языка ($\geq 61\text{мм}$), вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти ($\geq 12,85\text{мм}$), толщина мягких тканей шеи ($\geq 5,15\text{мм}$) и толщина надгортанника ($\geq 2,85\text{мм}$).
4. В случаях наличия инструментального признака (1 и более) трудной ларингоскопии, интубацию трахеи следует проводить с особой тщательностью и с помощью вспомогательных методов обеспечения проходимости дыхательных путей (видеоларингоскопа, фибробронхоскопия и т.п.).

Список научных работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Зайцев А. Ю. Ультразвук-ассистированная интубация трахеи / Зайцев А. Ю., **Усикян Э. Г.**, Дубровин К. В., Светлов В. А. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. - 2019. - № 1(16). – С. 29-34.
2. Зайцев А. Ю. Ультразвуковая верификация интубационной трубки / Зайцев А. Ю., **Усикян Э. Г.**, Дубровин К. В., Светлов В. А. // Сборник тезисов Форума анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2019), XVIII съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов, (Санкт-Петербург, 18-20 октября 2019 г.). – Санкт-Петербург: Человек и его здоровье, 2019. – С. 106-107.
3. **Усикян Э. Г.** Ультразвуковая диагностика трудных дыхательных путей / **Усикян Э. Г.**, Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Светлов В. А., Жукова С. Г. // Глобальные вызовы в медицине критических состояний: сб. тезисов докл. XIX съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов, форума анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2020), (Санкт-Петербург, 25-27 октября 2020). – Санкт-Петербург: Человек и его здоровье, 2020. – С. 141-142.
4. **Usikyan E. G.** Ultrasonic verification of intubation tube / **Usikyan E. G.**, Zaitsev A. Yu., Zhukova S.G., Dolbneva E. L. // European Journal of Anaesthesiology, Supplement. - 2020. - Vol. 37, N. 58: Abstract Euroanaesthesia - 2020 The European Anaesthesiology Congress, (Munich, Germany, 29-31 may 2021). - P. 312. - #5166.
5. Зайцев А. Ю. Что может ультразвук для выявления предикторов трудных дыхательных путей? / Зайцев А. Ю., **Усикян Э. Г.**, Дубровин К. В., Светлов В. А. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. - № 5(19). - С. 59-63.
6. Зайцев А. Ю. Диагностика трудных дыхательных путей: обзор литературы / Зайцев А. Ю., **Усикян Э. Г.**, Дубровин К. В., Светлов В. А., Выжигина М. А., Жукова С. Г. // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2023. - № 4. - С. 149-168.
7. **Усикян Э. Г.** Ультразвуковые предикторы трудных дыхательных путей / **Усикян Э. Г.**, Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Светлов В. А., Шепталинина Д. Р. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. - 2023. - № 5 (20). – С. 33-39.
8. **Усикян Э. Г.** Современные методы диагностики трудных дыхательных путей / **Усикян Э. Г.**, Зайцев А. Ю., Дубровин К. В., Светлов В. А. // Сб. тезисов докл. XXI съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов - форума анестезиологов и реаниматологов России (ФАРР-2023), (Санкт-Петербург, 14-16 октября 2023). – Санкт-Петербург: Человек и его здоровье, 2023. – С. 285.

Список сокращений

АЗП - атланто-затылочный промежуток

ВДП – верхние дыхательные пути

ВР - вертикальное расстояние от высшей точки подъязычной кости к нижней челюсти

ДП – дыхательные пути

ДН - длина надгортанника

ИР - индекс риска

ИТ - интубация трахеи

КТ - компьютерная томография

LUC – образованно сокращением с помощью начальных букв следующих аббревиатур:

LEMON, US и CT

МРТ – магнитно-резонансная томография

НГВ - надгортанный воздуховод

НИНВ - «не могу интубировать, не могу вентилировать»

ОШ - отношение шансов

ПМПВП - промежуток между первым и вторым шейными позвонками

РГС - расположение голосовых связок на уровне шейных позвонков

РМГС - расстояние между голосовыми связками

ТГЭЛ - трансназальная гибкая эндоскопическая ларингоскопия

ТИ - трудная интубация

ТДП - трудные дыхательные пути

ТЛС - трудная ларингоскопия

ТМТ – толщина мягких тканей

ТН - толщина надгортанника

ТТ - толщина мягкой ткани шеи

ТЯ - толщина языка

УЗ – ультразвуковое

УЗИ - ультразвуковое исследование

ЭХД - экстренный хирургический доступ