

На правах рукописи



ГЕТТУЕВ
Алим Тахирович

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЦЕНКИ РИСКА АСПИРАЦИИ
ЖЕЛУДОЧНЫМ СОДЕРЖИМЫМ ПРИ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОМ
ОБЕСПЕЧЕНИИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ**

3.1.12. Анестезиология и реаниматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2026 г.

Работа выполнена на кафедре военной анестезиологии и реаниматологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (г. Санкт-Петербург).

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **Лахин Роман Евгеньевич**

Официальные оппоненты:

Григорьев Евгений Валерьевич – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, заместитель директора по научной и лечебной работе.

Мазурок Вадим Альбертович – доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии с клиникой Института медицинского образования.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Архангельск).

Защита диссертации состоится «19» октября 2026 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 21.2.062.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России (194223, г. Санкт-Петербург, пр. Мориса Тореза, д. 39) и на сайте ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России <http://gpmu.org/>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор медицинских наук, профессор

Пшениснов Константин Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Периоперационная аспирация желудочного содержимого остается одним из наиболее грозных осложнений анестезиологической практики, представляя прямую угрозу жизни пациента. Согласно данным крупных международных аудитов, аспирация признана ведущей причиной смерти, непосредственно связанной с осложнениями при анестезии со стороны дыхательных путей. Летальность при развитии аспирационного пневмонита и острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) достигает 16%, а в структуре проекта Американского общества анестезиологов «Закрытые претензии» смертность, связанная с легочной аспирацией, наступила в 66 (57%) из 115 случаев аспирации.

На протяжении десятилетий основой профилактики являлось соблюдение интервалов предоперационного голодания, однако накопленные данные подтверждают недостаточность этого подхода. Скорость опорожнения желудка подвержена значительной индивидуальной вариабельности и зависит от множества факторов: психоэмоционального статуса, сопутствующей патологии (сахарный диабет, ожирение) и приема медикаментов. Данные регистра webAIRS показывают, что в 64% эпизодов аспирации режим голодания был соблюден полностью, что делает временные интервалы малоприменимыми для стратификации риска в реальной практике.

Прорывом стало внедрение ультразвукового исследования (УЗИ) антрального отдела желудка непосредственно на месте оказания помощи (POCUS). Методика, описанная А. Perlas, позволяет с высокой точностью оценить характер и объем содержимого. Однако широкое использование этого «золотого стандарта» ограничено необходимостью укладки пациента в положение лежа на правом боку, что зачастую невозможно или опасно у категорий пациентов наивысшего риска: при политравме, нестабильной гемодинамике или на поздних сроках беременности.

Таким образом, существует научно-практическое противоречие: наиболее точный метод оценки риска неприменим для наиболее уязвимой группы пациентов. Разработка модифицированного способа ультразвуковой оценки, не требующего физического поворота пациента и сохраняющего диагностическую точность, является актуальной задачей для обеспечения персонализированной безопасности в анестезиологии.

СТЕПЕНЬ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ

Проблема профилактики аспирационных осложнений прошла длительную эволюцию от установления жесткой связи между наличием желудочного содержимого и риском повреждения легких (синдром Мендельсона, 1946 г.) до признания несостоятельности временных интервалов голодания. Исследования с использованием МРТ, сцинтиграфии и ультразвука доказали, что соблюдение «правила N часов» не гарантирует эвакуацию содержимого желудка, что сместило фокус научного поиска на методы прямой визуализации.

Основы ультразвуковой антральной сонографии были заложены L. Bolondi (1985), а её адаптация для нужд анестезиологии проведена в работах А. Perlas с соавт. (2009–2013). Ими был предложен протокол и математическая модель расчета объема, признанная мировым «золотым стандартом». Однако эта модель требует обязательной укладки пациента в положение на правом боку для обеспечения гравитационного смещения жидкости, что зачастую невозможно у критических пациентов.

В литературе описаны попытки использования альтернативных позиций (например, положение полусидя 45° по L. Bouvet, 2011), однако такие модели либо имеют ограниченный диапазон валидации, либо включают сложные многофакторные расчеты, что затрудняет их рутинное применение.

Анализ современных баз данных (PubMed, Scopus, eLibrary) показывает, что до настоящего времени отсутствуют валидированные методики оценки объема желудка, предназначенные для использования непосредственно на стандартном операционном столе без физического поворота пациента. Неразрешенным остается вопрос об обеспечении диагностической точности при минимальных углах наклона стола, что позволило бы избежать соскальзывания пациента и расширить применение метода на группы наивысшего риска. Таким образом, научное сообщество признает необходимость разработки модифицированного способа оценки, адаптированного к реальным условиям операционной.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повышение безопасности анестезиологического обеспечения путем разработки нового способа ультразвуковой оценки объема желудочного содержимого для профилактики аспирационных осложнений у плановых и экстренных хирургических пациентов.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Изучить содержимое и объем антрального отдела желудка в зависимости от сроков последнего приема пищи у плановых и экстренных пациентов.
2. Разработать математическую модель и вывести формулу для расчета объема желудочного содержимого в модифицированном положении пациента $30^\circ/30^\circ$.
3. Провести валидацию разработанной формулы в положении пациента $15^\circ/15^\circ$.
4. Оценить воспроизводимость и точность модифицированного способа в условиях реальной клинической практики при выполнении исследования практикующими врачами анестезиологами-реаниматологами.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

В рамках настоящего исследования впервые предложено использование положение пациента на спине с приподнятым головным концом операционного стола и поворотом операционного стола на правую сторону для ультразвуковой оценки желудка, которое не требует физического поворота пациента на правый бок.

Разработана и запатентована (патент RU 2847018) новая математическая модель расчета объема желудка для положения «30/30», которая, в отличие от классических формул, впервые учитывает помимо антропометрических параметров и площади антрального отдела такой фактор, как возраст пациента, выявлена обратная корреляционная связь возраста с объемом желудка.

Впервые показано, что угол 15° является достаточным для клинически значимого гравитационного смещения жидкости, а дальнейшее увеличение угла не приводит к статистически достоверному изменению измеряемых параметров, что позволило модифицировать методику для повышения стабильности пациента на операционном столе без потери диагностической точности.

Подтверждена воспроизводимость предложенного способа ультразвуковой оценки: доказано отсутствие статистически значимых различий в результатах, полученных разработчиками методики и врачами-анестезиологами, работающими в операционной.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ

Теоретическая значимость диссертационного исследования основана на расширении и углублении представлений о связи риска аспирации с временными интервалами голодания. Выявлено, что у 14,3% плановых пациентов, соблюдающих режим голодания перед операцией более 8 часов, при ультразвуковом исследовании желудка может оказаться жидкое и твердое содержимое. Выявленная гетерогенность опорожнения желудка у пациентов с формально соблюденным режимом голодания ставит вопрос о пересмотре традиционной тактики «временных интервалов» в пользу персонализированного подхода. Теоретически обоснована и математически доказана целесообразность включения площади поперечного сечения, возраста и веса пациента в расчетные модели объема желудка для повышения точности предикции риска аспирации.

Практическая значимость диссертационного исследования заключена в персонализированном подходе в оценке риска аспирации желудочным содержимым. Разработанная методика УЗИ не требует физического поворота пациента на правый бок на операционном столе и позволяет анестезиологу быстро и прикроватно рассчитать точный объем желудка, идентифицировать пациентов с «полным желудком» (несмотря на голодание) и своевременно изменить тактику индукции анестезии. Проведенное исследование показало, что УЗИ антрального отдела желудка непосредственно в операционной позволяет с высокой точностью определить объем желудочного содержимого, оценить риск аспирации и индивидуализировать анестезиологическое пособие согласно клинической ситуации. Новый способ оценки риска аспирации легко выполним в условиях многопрофильного стационара, применим ко всем моделям операционных столов, удобен для врача-анестезиолога-реаниматолога и позволяет провести объективную оценку риска аспирации без изменения положения тела пациента относительно операционного стола. Валидация формулы для положения $15^\circ/15^\circ$ решает важную прикладную проблему

соскальзывания пациента с операционного стола, обеспечивая комфорт и безопасность во время сканирования без потери точности метода.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологическую основу диссертационного исследования составил синтез системного и доказательного подходов. Системный подход рассмотрел аспирационные осложнения как систему (моторика желудка, ограничения клинрекомендаций, УЗИ, эргономика). Доказательный подход определил иерархию: от описания распространенности желудочного содержимого натошак до разработки и валидации прогностической модели.

Методология работы включала анализ научной литературы, формулировку гипотезы, постановку целей и задач, разработку дизайна и протокола исследования, сбор и обработку данных с последующим обобщением результатов и формулированием выводов. Исследование по принципам доказательной медицины. Объект: 465 пациентов (плановый/экстренный профиль). Предмет: количественные и качественные характеристики УЗИ антрального отдела, трансформация в модель объема, воспроизводимость. Методы: общеклиническое обследование, опрос о приеме пищи, антральная сонография.

Статистическая обработка: описательная статистика, корреляция Пирсона, множественная регрессия (пошагово), критерии Манна-Уитни и Фридмана. Проверка устойчивости: VIF, анализ остатков. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Соблюдение рекомендованных периодов голодания не гарантирует отсутствие желудочного содержимого у плановых и экстренных пациентов и не позволяет достоверно стратифицировать риск аспирации.
2. Разработанная новая регрессионная модель расчета объема желудка для положения $30^\circ/30^\circ$, основанная на площади поперечного сечения антрального отдела, возрасте и массе тела пациента, дает сопоставимые результаты с формулой А. Перлас, и предоставляет точную качественную и количественную информацию о типе и объёме содержимого желудка.
3. Разработанная формула расчета объема желудочного содержимого для положения 30/30 сохраняет полную статистическую и диагностическую эквивалентность при применении в положении 15/15, что устраняет ключевой недостаток (соскальзывание пациента с операционного стола) и позволяет использовать единую стандартизированную методику.
4. Предложенная методика ультразвуковой оценки объема желудка в положении 15/15 демонстрирует высокую межоператорскую воспроизводимость. Отсутствие статистически значимых различий в результатах измерений между экспертами-разработчиками и практикующими врачами анестезиологами-реаниматологами подтверждает возможность ее эффективного тиражирования в рутинной клинической практике.

СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ И АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждаются репрезентативностью выборки (в работу включены данные 465 пациентов), применением современных инструментальных методов (прикроватная антральная сонография) и использованием адекватных методов статистического анализа. Научные выводы и практические рекомендации логически обоснованы, базируются на результатах четырехфазного исследования и подтверждены в ходе межоператорской валидации разработанного способа в реальной клинической практике.

Основные положения и результаты работы были представлены и обсуждены на трех научно-образовательных конференциях «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (2021, 2024 и 2025 гг.).

Апробация диссертации проведена на межкафедральном совещании кафедры военной анестезиологии и реаниматологии, 1-й кафедры хирургии усовершенствования врачей имени П.А. Куприянова и кафедры рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ (протокол № 9 от 20.03.2026 г.).

Результаты исследования, основные положения и практические рекомендации внедрены в работу отделений анестезиологии и реанимации Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, а также Городской больницы Святой преподобномученицы Елизаветы (Санкт-Петербург). Результаты исследования используются в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности на кафедре военной анестезиологии и реаниматологии им. Б.С. Уварова.

ПУБЛИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

По материалам диссертации опубликовано 4 научные работы в отечественной медицинской литературе. Все 4 работы опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Получен патент на изобретение Российской Федерации №2847018 «Способ ультразвуковой оценки объема желудка в модифицированном положении».

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Автором самостоятельно составлен дизайн исследования и разработана база данных. Им лично осуществлен набор материала, отбор данных для проспективных исследований, а также непосредственное выполнение ультразвукового сканирования антрального отдела желудка у пациентов. Автор самостоятельно сформировал базу научных данных, провел полный статистический анализ и интерпретировал полученные результаты. Автором

лично выполнены формулирование выводов, публикация результатов в научной печати и написание полного текста диссертации.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырёх глав (обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты исследования, обсуждение результатов исследования), заключения, выводов, практических рекомендаций, перспективы дальнейшей разработки темы и списка литературы. Работа изложена на 128 страницах, содержит 19 таблиц и иллюстрирована 15 рисунками. Список литературы включает 12 — отечественных и 115 — зарубежных источника.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационное исследование выполнено на базе клиник анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова и Городской больницы Святой преподобномученицы Елизаветы (Санкт-Петербург). Проведение работы одобрено независимым этическим комитетом при ВМедА им. С.М. Кирова (протокол № 304 от 24.06.2025 г.). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Всего в исследование включено 465 пациентов. Распределение пациентов по этапам представлено на рисунке 1. На первом этапе в ходе наблюдательного проспективного клинического исследования было установлено, что общепринятая стратегия определения риска аспирации на основании временных интервалов голодания не позволяет полностью исключить наличие содержимого в желудке у плановых и экстренных пациентов ($n=138$ человек); второй этап был посвящен разработке модифицированного протокола сканирования, позволяющий измерять поперечное сечение антрального отдела без традиционного перевода пациента в положение на правом боку ($n=150$); третий этап включал валидацию разработанной модели в положении 15/15 с помощью проспективного обсервационного исследования ($n=30$), валидацию модифицированного способа для практикующих врачей (47 пациентов) и оценку его эффективности в повседневной практике (100 пациентов).

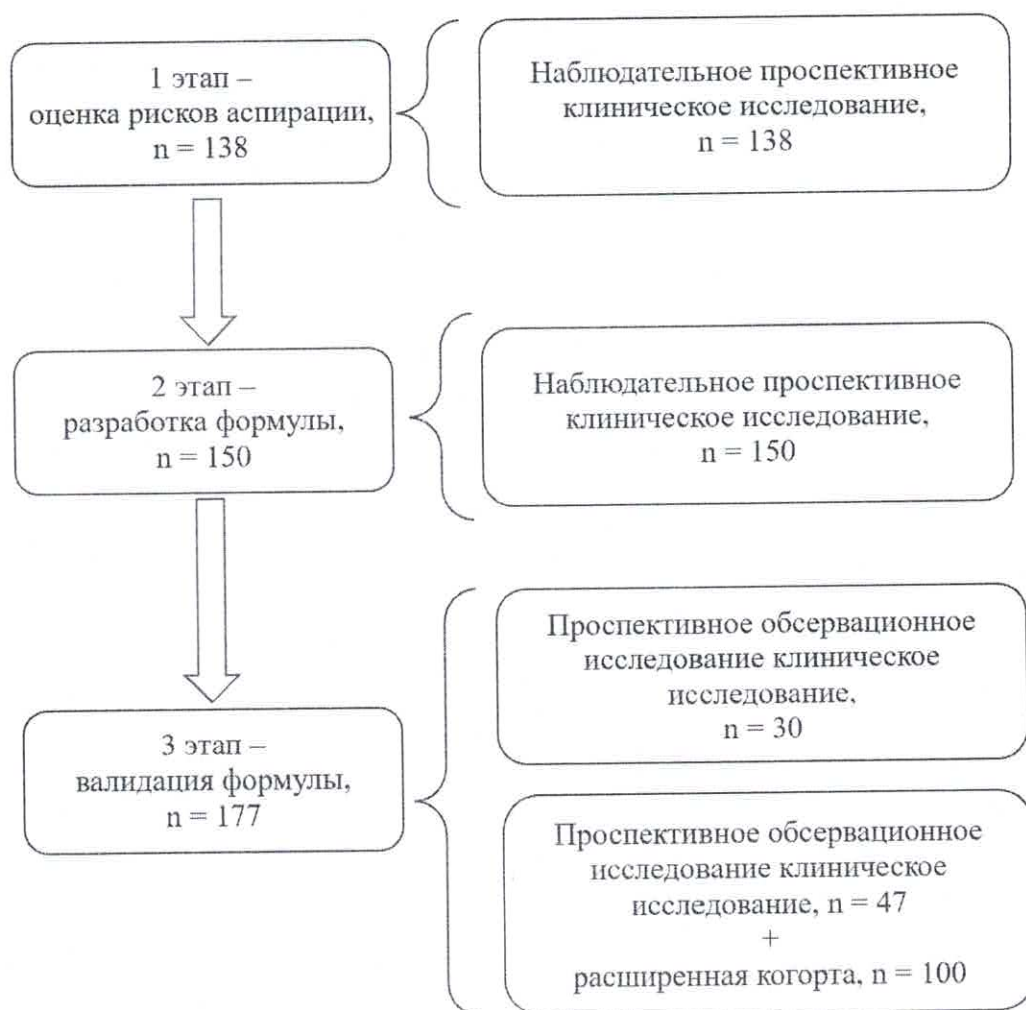


Рисунок 1– Общий дизайн диссертационного исследования

МЕТОДИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРАЛЬНОГО ОТДЕЛА ЖЕЛУДКА

Ультразвуковое исследование проводили на портативном аппарате Mindray M5 (КНР) с использованием конвексного датчика 2,5—5 МГц. Сканирование антрального отдела желудка выполняли в парасагитальной плоскости в эпигастральной области. В качестве ключевых внутренних анатомических ориентиров использовали левую долю печени, аорту и верхнюю брыжеечную артерию.

Оценку содержимого осуществляли в четырех стандартизированных положениях пациента: горизонтально на спине; лежа на правом боку (положение 90°); в модифицированном положении 30/30 (подъем головного конца стола на 30° с одновременным наклоном стола вправо на 30°); в модифицированном положении 15/15 (подъем головного конца на 15° с наклоном вправо на 15°).

Качественная оценка базировалась на идентификации четырех сонографических признаков.

1. «Пустой» желудок: антральный отдел плоский или имеет форму «мишени» со спавшимися стенками.

2. Плотная пища (ранняя фаза): расширенный антрум с картиной «матового стекла» за счет воздушных артефактов.

3. Плотная пища (поздняя фаза): содержимое смешанной эхогенности, позволяющее визуализировать заднюю стенку.

4. Прозрачная жидкость: анэхогенное или гипозоногенное содержимое, часто с гиперэхогенными включениями пузырьков газа (признак «звездной ночи»).

Количественную оценку проводили измерением площади поперечного сечения (ППС) антрального отдела желудка. Измерение проводили методом свободной трассировки наружного контура от серозной до серозной оболочки, включая всю толщину стенки желудка (рисунок 2). Сканирование выполняли в состоянии покоя между перистальтическими сокращениями. Полученные значения ППС автоматически рассчитывались программным обеспечением аппарата и в дальнейшем использовались для определения объема желудочного содержимого по разработанной и запатентованной математической модели.

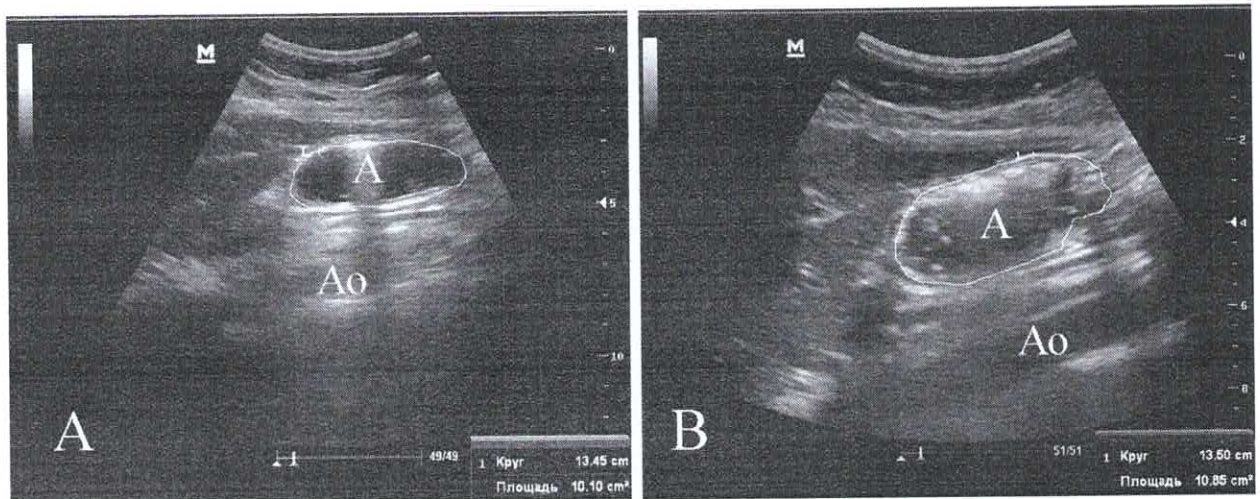


Рисунок 2 – Пример свободной трассировки антрального отдела желудка. А – прозрачное содержимое. В – прозрачное содержимое с гиперэхогенными включениями (признак «звездной ночи»). А – антральный отдел желудка, Ao – Аорта

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Статистический анализ выполнен с помощью пакета SPSS Statistics 27. Тип распределения оценивали критерием Шапиро-Уилка. Данные представлены в виде $M \pm SD$ (при нормальном распределении) или $Me (Q1; Q3)$. Для сравнения групп использовали U-критерий Манна-Уитни, критерии Вилкоксона и Фридмана. Разработка и валидация расчетной модели для разработки способа оценки объема желудка в модифицированном положении «30/30» применялся пошаговый регрессионный анализ. В качестве предикторов рассматривались ППС антрума, возраст, масса тела, рост и ИМТ. Итоговая формула (Патент RU 2847018 C1) включает три значимых параметра: ППС, возраст и массу тела пациента.

Устойчивость регрессионной модели проверялась анализом коллинеарности и графиками остатков. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖИМОГО АНТРАЛЬНОГО ОТДЕЛА ЖЕЛУДКА ПЕРЕД ОПЕРАЦИЕЙ У ПЛАНОВЫХ И ЭКСТРЕННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Общая характеристика 138 пациентов, обследованных при поступлении в операционную на наличие содержимого в желудке представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика пациентов

Показатели		Экстренные n = 64	Плановые n = 74	Статистические различия
Возраст (M+SD)		43,66 ± 17,82	48,05 ± 17,5	p=0,756*
Пол (n)	М	28 (43,7%)	35 (47,3%)	p=0,093**
	Ж	36 (56,3%)	39 (52,7%)	p=0,145**
Рост (M+SD)		1,69 ± 0,08	1,70 ± 0,08	p=0,743*
Вес (M+SD)		73,4 ± 16,92	74,26 ± 12,26	p=0,797*
ИМТ (M+SD)		25,72 ± 5,43	25,30 ± 4,70	p=0,985*

* t-критерий; ** сравнение Манна-Уитни

Согласно данным опроса, в большинстве случаев пациенты обеих групп последний раз перед операцией употребляли жидкость. При этом в группе экстренных пациентов временные интервалы этого приема демонстрировали статистически значимое различие ($p = 0,025$), тогда как в плановой группе подобной разницы зафиксировано не было ($p = 0,063$). Из 138 пациентов из-за невозможности визуализации из анализа были исключены 8 (12,5%) экстренных и 4 (5,4%) плановых пациентов. Преобладающей сонографической находкой в обеих группах был признак пустого желудка. Его распространенность была выше среди плановых пациентов (84,3% против 69,6% в экстренной группе) ($p=0,016$) несмотря на выдержанный установленные сроки период голодания, не у всех плановых пациентов желудок был пуст: в 14,3% случаев выявлялся признак поздней фазы пищеварения, а у одного пациента – признак ранней фазы (таблица 2).

Таблица 2 – Тип содержимого желудка у плановых и экстренных пациентов

Ультразвуковой признак	Экстренные n=56 n (%(95%ДИ))	Плановые n=70 n (%(95%ДИ))	Статистические различия *
Пустой желудок	39 (69,6 (57,16-80,84))	59 (84,3 (75,57-92,43))	p=0,016
Ранняя фаза	4 (7,1 (0,54-10,94))	1 (1,4 (1,20-4,00))	p=0,121
Поздняя фаза	10 (17,9 (8,86-28,94))	10 (14,3 (6,00-22,40))	p=0,524
Прозрачная жидкость	3 (5,4 (0,66-10,66))	-	Сравнение не проводилось

* сравнение Манна-Уитни

РАЗРАБОТКА ФОРМУЛЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕМА ЖЕЛУДКА В ПОЛОЖЕНИИ 30/30: ПРОСПЕКТИВНОЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В проспективном обсервационном исследовании выборка пациентов с признаком пустого желудка для статистической обработки составила 128 человек. После приема стандартного объема (200 мл) воды отмечалась трансформация антрального отдела: он растягивался, приобретая более округлые очертания, а в его просвете визуализировали гипоэхогенную жидкость, выполнены измерения ППС. В качестве потенциальных предикторов для пошагового регрессионного анализа были выбраны следующие переменные: возраст, масса тела, рост, ИМТ, а также ультразвуковые параметры — длина окружности антрального отдела («круг») и его поперечная площадь среза («площадь») в положении 30/30.

Таблица 3 – Демографические данные пациентов и результаты УЗИ

Показатель		Значение показателя n=128
Возраст лет, M ($\pm$ SD)		40,41 $\pm$ 16,24
Пол, n (%)	Мужчины	70 (54,7)
	Женщины	58 (45,3)
Рост, см, Me (Q1;Q3),		171,67 (165; 176)
Масса тела, кг, Me (Q1;Q3),		72,5 (65,0; 83,0)
ИМТ кг/м ² , Me (Q1;Q3),		21,32 (18,6; 23,96)
Положение 90 Me (Q1;Q3),	Круг, см	8,3 (6,8; 16,15)
	Площадь, см ²	4,28 (2,9; 14,25)
Положение 30/30 Me (Q1;Q3),	Круг, см	8,23 (6,43; 12,2)
	Площадь, см ²	4,3 (2,7; 8,87)

Первоначальный корреляционный анализ (по Пирсону) выявил статистически значимые связи расчетного объема желудка с частью предикторов: сильную прямую корреляцию с параметрами «круг» (0,868; $p < 0,001$) и «площадь» (0,901; $p < 0,001$), умеренную обратную связь с возрастом (-0,319; $p < 0,001$) и слабую прямую связь с массой тела (0,182; $p = 0,021$). Остальные переменные значимой ассоциации не показали. Использование метода пошагового включения переменных позволило сконструировать регрессионную модель с максимальной объясняющей способностью. Финальная модель, включившая предикторы «площадь», «возраст» и «масса тела», обладала коэффициентом детерминации $R^2 = 0,85$, что указывает на объяснение 85% вариативности зависимой переменной, и приемлемым уровнем автокорреляции. Параметры модели и константа представлены в таблице 4. Диагностика коллинеарности показала невысокие значения допуска и коэффициента инфляции дисперсии (Variance Inflation Factor (VIF)), который для предикторов площадь, возраст, масса тела составил 1,175; 1,053; 1,154 соответственно, что свидетельствовало об устойчивости модели. На основании полученных данных была выведена новая формула для расчета объема желудочного содержимого (в мл) в положении 30/30:

$$\text{Объем} = 110,29 + 21,874 \times \text{Площадь} - 1,605 \times \text{Возраст} - 1,148 \times \text{Масса тела}$$

где: Площадь — поперечная площадь среза антрального отдела желудка (см²);

Возраст — возраст пациента (лет); Масса тела — масса тела пациента (кг).

Оригинальность предложенной формулы защищена патентом на изобретение (Номер патента: RU 2847018 C1).

Таблица 4 – Показатели регрессионной модели

Значение показателя		Значение	Значимость, p
Скорректированный R ²		0,85	0,04 (значимость изменения F)
Стандартная ошибка оценки		62,4544	
Дарбин-Уотсон		1,54	
ANOVA	F	240,213	<0,001
Коэффициенты	Константа	110,29	<0,001
	Площадь	21,874	<0,001
	Возраст	-1,605	<0,001
	Масса тела	-1,148	0,004

Оценка построенной модели подтвердила ее адекватность. График нормального распределения остатков свидетельствовал о близости их распределения к нормальному закону.

При расчете по разработанной нами формуле для положения 30/30, которая помимо площади поперечного сечения антрального отдела и возраста учитывает также массу тела пациента, медианный объем составил 58,66 мл (16,87; 193,43), а рассчитанный по формуле A. Perlas для положения на правом боку, составил 42,02 мл (14,39; 185,39), статистических различий между этими значениями выявлено не было (p=0,451).

ВАЛИДАЦИЯ ФОРМУЛЫ РАСЧЕТА ОБЪЕМА ЖЕЛУДКА В МОДИФИЦИРОВАННОМ ПОЛОЖЕНИИ 15°/15°

Несмотря на то, что способ ультразвуковой оценки объема желудка в положении 30°/30 показал высокую диагностическую ценность, был выявлен его недостаток: в положении 30°/30° на операционном столе пациент начинает соскальзывать с поверхности стола, что требует уменьшение углов наклона, что потребовало проверки работоспособности разработанной формулы расчета для положения 15/15.

В проспективное исследование было включено 30 пациентов. Демографический профиль выборки характеризовался следующими параметрами: средний возраст 39,2 ± 14,5 лет, рост 170,1 ± 7,5 см и масса тела 65,3 ± 7,8 кг. На этапе скрининга двое участников были исключены из дальнейшего анализа, итоговая когорта для анализа составила 28 человек (12 мужчин и 16 женщин).

После стандартной нагрузки 200 мл яблочного сока сравнительный анализ между положениями (Положение 15/15, Положение 30/30, Положение 90) не выявил статистически значимых групповых различий ни по прямым (окружность, площадь), ни по расчетным (объем) показателям (p>0,05, критерий Фридмана). Апостериорный анализ также не обнаружил значимых различий в расчетных объемах желудка между группами. Важно отметить, что выявленные

статистические выбросы во всех положениях были однонаправленными, что дополнительно подтверждает сопоставимость получаемых данных (рисунок 3).

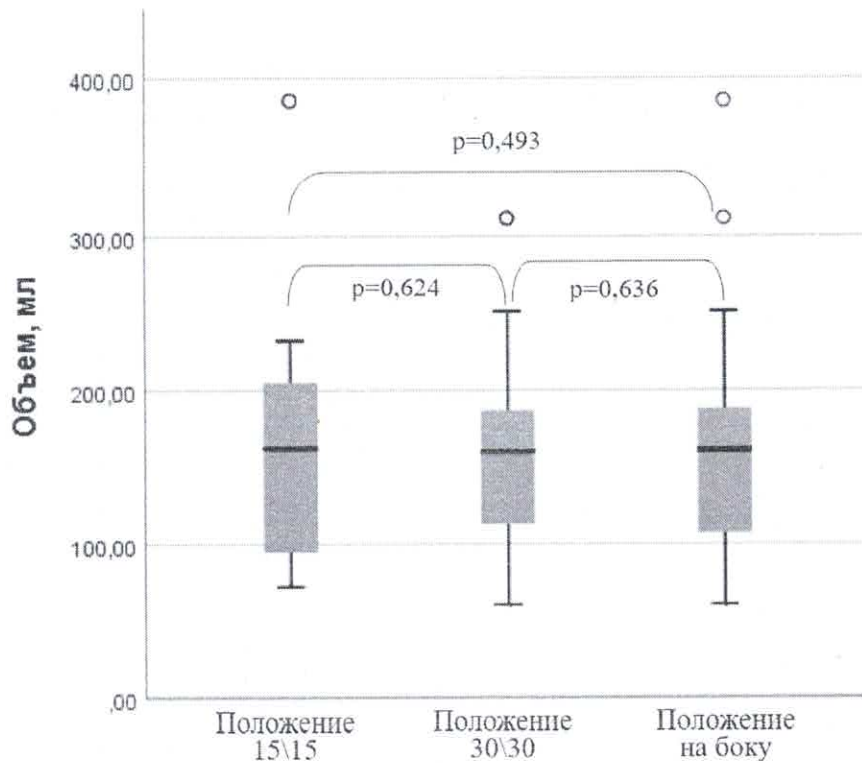


Рисунок 3 – Рассчитанный объем желудка

РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЖОПЕРАТОРСКОЙ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО СПОСОБА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕМА ЖЕЛУДКА В ПОЛОЖЕНИИ 15/15

В проспективное исследование было включено 47 пациентов. При проведении УЗИ желудка исключены 14 (1 – признак плотной пищи, 1 – воздух в желудке, 12 – признак пустого желудка), остальные 33 пациента (16 мужчин, 17 женщин) были включены в оценку объема содержимого желудка (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели УЗИ желудка

Характеристики пациентов	Группа 1	Группа 2	Значение p
Успешность УЗИ желудка, n (%)	45 (95,7)	45 (95,7)	0,943
Признак пустого желудка, n (%)	12 (25,5)	12 (25,5)	0,863
Круг, см	11,56 (10,20 ; 13,71)	12,10 (10,7 ; 13,10)	0,477
Площадь, см ²	8,4 (6,1 ; 9,2)	8,8 (6,8 ; 9,1)	0,632
Объем желудка	153,41 (101,02; 166,41)	158,11 (98,53; 183,21)	0,407

УЗИ желудка было успешно выполнено как работающими в операционной врачами-анестезиологами-реаниматологами ($n=16$), так и специалистами, участвовавшими в разработке формулы ультразвуковой оценки объема желудка ($n=2$). Длина оконтуровки желудка (показатель «круг»), определенная с помощью аппарата УЗИ, площадь этой трассировки и рассчитанный объем желудка в обеих группах не имели статистических различий (таблица 5). Валидация способа ультразвуковой оценки в положении 15/15 показала, что длина оконтуровки желудка, площадь этой трассировки и рассчитанный объем желудка полученные разработчиками формулы и практикующими врачами-анестезиологами-реаниматологами не имели статистических различий.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКРИНИНГА ЖЕЛУДКА В РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ (РАСШИРЕННАЯ КОГОРТА)

В исследование были включены пациенты с различным физическим статусом и соотношением плановых и экстренных вмешательств, что соответствовало реальной структуре хирургического стационара. Всем 100 пациентам выполнен модифицированный способ ультразвукового исследования желудка. Успешная визуализация антрального отдела с возможностью качественной и количественной оценки достигнута у 92 пациентов (92,0%). У 8 пациентов (8,0%) визуализация была невозможна или ограничена ввиду выраженных газовых артефактов ($n=5$), абдоминального компартмент-синдрома ($n=2$) или невозможности адекватного позиционирования ($n=1$). В соответствии с разработанным алгоритмом, эти пациенты были автоматически отнесены к группе высокого риска аспирации. Более трети пациентов (34,0%) имели ультразвуковой признак пустого желудка и были отнесены к категории низкого риска аспирации без дополнительных количественных измерений. У 49 пациентов (49,0%) визуализировалась прозрачная жидкость в антральном отделе, что требовало выполнения количественной оценки для уточнения объема и стратификации риска. У 9 пациентов (9,0%) выявлены признаки густой жидкости или твердой пищи, что автоматически относило их к категории высокого риска. Еще 8 пациентов (8,0%) были отнесены к категории высокого риска ввиду невозможности визуализации.

Пациентам, у которых при качественной оценке выявлена прозрачная жидкость ($n=49$), выполнялось измерение площади поперечного сечения антрального отдела методом свободной трассировки с последующим расчетом объема желудочного содержимого по разработанной формуле. У 12 пациентов (24,5%) с прозрачной жидкостью объем желудочного содержимого был минимальным (менее 0,8 мл/кг), что позволило реклассифицировать их в категорию низкого риска, несмотря на наличие жидкости при качественной оценке. У 21 пациента (42,8%) объем превысил пороговое значение 1,5 мл/кг, что окончательно отнесло их к категории высокого риска. У 16 пациентов (32,7%) объем находился в «серой зоне» (0,8–1,5 мл/кг), что требовало индивидуального принятия решения с учетом дополнительных факторов.

Объединение данных качественной и количественной оценки позволило сформировать итоговое распределение всех 100 пациентов расширенной когорты по категориям риска аспирации. Таким образом, ультразвуковой скрининг позволил идентифицировать 38% пациентов как имеющих высокий риск аспирации. Из них у 21 пациента (55,3% от группы высокого риска) риск был обусловлен большим объемом прозрачной жидкости, у 9 пациентов (23,7%) — наличием густой жидкости или твердой пищи, у 8 пациентов (21,0%) — невозможностью визуализации антрального отдела.

Всем пациентам после завершения ультразвукового исследования и определения категории риска анестезиолог принимал окончательное решение о тактике ведения анестезиологического пособия. Анализ принятых решений представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Тактика анестезиологического обеспечения в зависимости от категории риска аспирации

Категория риска	Выбранная тактика	Количество пациентов, n (%)
Низкий риск (n=46)	Стандартная индукция, ларингеальная маска	44 (95,7%)
Низкий риск (n=46)	Стандартная индукция, интубация трахеи (по другим показаниям)	2 (4,3%)
Пограничный риск (n=16)	Индивидуальное решение: ларингеальная маска (n=9) / интубация трахеи (n=7)	16 (100%)
Высокий риск (n=38)	Быстрая последовательная индукция, интубация трахеи	36 (94,7%)
Высокий риск (n=38)	Отсрочка операции (после дополнительного голодания)	2 (5,3%)

ВЫВОДЫ

1. Распространенность ультразвукового признака «пустой желудок» среди плановых пациентов составляет 84,3%, что значимо выше, чем в группе экстренных пациентов (69,6%, $p=0,016$). При этом у 14,3% плановых пациентов, несмотря на соблюдение нормативных сроков голодания, визуализируются признаки содержимого в желудке (поздняя фаза пищеварения), что указывает на недостаточную надежность временных критериев как единственного метода оценки аспирационного риска.

2. Разработана новая регрессионная модель расчета объема желудка для положения 30°/30° ($R^2 = 0,85$; $p<0,001$), включающая предикторы: площадь поперечного сечения антрального отдела, возраст и массу тела пациента.

3. Валидация методики в положении 15°/15° продемонстрировала отсутствие статистически значимых различий в величине окружности ($p=0,407$), площади ($p=0,312$) и расчетного объема желудка ($p=0,407$) по сравнению с исходными положениями 30/30 и 90, что позволяет использовать разработанную формулу у пациентов, находящихся в более удобном и стабильном положении на операционном столе.

4. Предложенный модифицированный способ ультразвуковой оценки в положении 15°/15° показал высокую воспроизводимость в клинических условиях: результаты измерений, полученные практикующими врачами-анестезиологами-реаниматологами, не имели статистически значимых различий с данными исследователей-разработчиков ($p > 0,05$ для параметров круг, площадь и объем).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Ультразвуковую оценку содержимого и объема желудка следует проводить у пациентов с неопределенным или заведомо повышенным риском аспирационных осложнений. Для выполнения исследования следует использовать любой аппарат УЗИ, оснащенный конвексным (абдоминальным) датчиком с частотой 2–5 МГц. Исследование выполняют непосредственно перед индукцией анестезии. Оптимальным положением является модифицированное положение 15/15: подъем головного конца операционного стола на 15° (достигается регулировкой стола или подкладыванием валика под верхнюю часть туловища). На основании результатов ультразвуковой оценки пациенты разделяются на три категории риска, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Стратификация риска аспирации

Категория риска	Критерии	Объем желудка	Рекомендуемая тактика
Низкий риск	Пустой желудок (качественная оценка) ИЛИ расчетный объем $< 1,5$ мл/кг	Менее 100 мл для взрослого массой 70 кг	Стандартная индукция анестезии, возможно использование ларингеальной маски
Умеренный риск	Прозрачная жидкость, расчетный объем 1,5–2,5 мл/кг	100–180 мл для взрослого массой 70 кг	Индивидуальное решение с учетом дополнительных факторов (трудная интубация, ожирение, рефлюкс)
Высокий риск	Густая жидкость, твердая пища ИЛИ расчетный объем $> 2,5$ мл/кг ИЛИ невозможность визуализации	Более 180 мл для взрослого массой 70 кг	Быстрая последовательная индукция, интубация трахеи, отсрочка операции (при возможности)

При наличии прозрачной жидкости выполняется измерение площади поперечного сечения антрального отдела методом свободной трассировки.

Используя функцию измерения площади в ультразвуковом аппарате, курсором обводят наружный контур антрального отдела по серозной оболочке, включая всю толщину стенки желудка. При отсутствии функции свободной трассировки площадь может быть рассчитана по формуле эллипса: Площадь (см²) = (АР × СС × π) / 4, где АР — передне-задний диаметр (см), СС — кранио-каудальный диаметр (см), π = 3,14.

Расчет объема желудочного содержимого выполняется по разработанной формуле: Объем (мл) = 110,29 + 21,874 × Площадь (см²) – 1,605 × Возраст (годы) – 1,148 × Масса тела (кг).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Проведенное исследование не исчерпывает проблему ультразвуковой оценки объема желудочного содержимого и открывает перспективы дальнейших исследований. Важнейшим направлением является валидация разработанной математической модели у пациентов с высоким риском аспирации, прежде всего при морбидном ожирении, беременности и в педиатрической практике. Представляет интерес изучение возможности применения ультразвуковой эластографии для дифференциальной диагностики характера желудочного содержимого.

Перспективным направлением является внедрение технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта для автоматической сегментации антрального отдела и расчета объема желудочного содержимого в режиме реального времени непосредственно на ультразвуковых аппаратах.

Дальнейшего изучения требует поиск дополнительных ультразвуковых маркеров, способных повысить точность модели, включая показатели перистальтической активности желудка. Актуальным представляется создание интегральных прогностических моделей на основе сопоставления ультразвуковых данных с результатами других методов исследования.

Таким образом, разработанная модель создает основу для дальнейшего совершенствования персонализированной оценки аспирационного риска в анестезиологии.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Ультразвуковая оценка содержимого антрального отдела желудка перед операцией у плановых и экстренных пациентов: наблюдательное клиническое исследование / Р.Е. Лахин, **А.Т. Геттуев**, Ю.Ю. Михайлюк [и др.] // **Анестезиология и реаниматология (Медиа Сфера)**. – 2022. – № 4. – С. 32-39.
2. Разработка модифицированной формулы ультразвуковой оценки объема желудка: проспективное наблюдательное исследование / Р.Е. Лахин, **А.Т. Геттуев**, Ю.Ю. Михайлюк [и др.] // **Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова**. – 2025. – № 2. – С. 74-85.
3. Модифицированный способ ультразвуковой оценки объема желудка для определения риска аспирации при различном положении пациента на

операционном столе: проспективное наблюдательное исследование / Р.Е. Лахин, **А.Т. Геттуев**, Ю.Ю. Михайлюк [и др.] // **Вестник анестезиологии и реаниматологии**. – 2025. – Т. 22, № 6. – С. 6-13.

4. Оценка безопасности применения надгортанных воздуховодов во время лапароскопических оперативных вмешательств с помощью периоперационного ультразвукового исследования желудка / Л.В. Арсентьев, А.А. Андреев, А.И. Строгонов, **А.Т. Геттуев**, [и др.] // **Анестезиология и реаниматология (Медиа Сфера)**. – 2021. – № 2. – С. 105-109.

5. Патент № 2847018 Российская Федерация, МПК А61В 8/08, А61В 5/103. Способ ультразвуковой оценки объема содержимого желудка: заявл. 24.09.2024 : опубл. 23.09.2025 / **А.Т. Геттуев**, Р.Е. Лахин.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ANOVA – Analysis of Variance (дисперсионный анализ)

Me – медиана

POCUS – Point-of-Care Ultrasound (ультразвуковое исследование у постели больного / в точке оказания помощи)

Q1; Q3 – первый и третий квартили

R^2 – коэффициент детерминации (R-квадрат)

SD – стандартное отклонение (Standard Deviation)

SPSS – Statistical Package for the Social Statistics (пакет статистической обработки данных)

VIF – Variance Inflation Factor (коэффициент инфляции дисперсии)

webAIRS – Web-based Anaesthetic Incident Reporting System (веб-система регистрации инцидентов в анестезиологии)

ВМедА – Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

ИМТ – индекс массы тела

MPT – магнитно-резонансная томография

ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром

ППС – площадь поперечного сечения

УЗИ – ультразвуковое исследование