

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С.М. КИРОВА»  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

ГЕТТУЕВ  
АЛИМ ТАХИРОВИЧ

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

3.1.12. Анестезиология и реаниматология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук, профессор  
Лахин Роман Евгеньевич

Санкт-Петербург – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Проблема периоперационной аспирации и методы ее профилактики (обзор литературы).....	19
1.1. Актуальность проблемы аспирационного синдрома: эпидемиологический парадокс.....	19
1.2. Стратегии профилактики аспирационного синдрома: эволюция и современное состояние.....	21
1.2.1. Концепция предоперационного голодания: от догмы к разочарованию .....	21
1.2.2. Фармакологическая профилактика: воздействие на последствия, а не на причину .....	22
1.2.3. Механическая декомпрессия: назогастральный зонд как источник ятрогенного риска .....	24
1.3. Диагностические методы оценки желудочного содержимого: от лабораторных технологий к прикроватной сонографии .....	26
1.3.1. Палитра диагностических возможностей: выбор критериев для анестезиологии .....	26
1.3.2. Ультразвук желудка: эволюция от гастроэнтерологического инструмента к анестезиологическому POCUS .....	28
1.3.3. Анатомические и методические основы современной сонографии желудка.....	29
1.3.4. Интерпретация ультразвуковой картины: качественная и количественная парадигмы .....	32
1.3.5. Полуколичественная шкала A. Perlas: компромисс простоты и точности ....	34
1.3.6. Особые популяции: ожирение, беременность, педиатрия.....	35
1.3.7. Алгоритмизация принятия решений .....	37
Глава 2. Материалы и методы исследования .....	44
2.1. Общая характеристика работы.....	44
2.2. Методика ультразвукового исследования антрального отдела желудка.....	47

2.3 Ультразвуковая оценка содержимого антрального отдела желудка перед операцией у плановых и экстренных пациентов: наблюдательное клиническое исследование.....	51
2.4. Разработка формулы ультразвуковой оценки объема желудка: проспективное наблюдательное исследование .....	53
2.5. Валидация формулы расчета объема желудка в модифицированном положении 15°/15° .....	55
2.6. Валидация модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка .....	56
2.7. Статистическая обработка данных .....	60
Глава 3. Результаты исследования .....	62
3.1 Ультразвуковая оценка содержимого антрального отдела желудка перед операцией у плановых и экстренных пациентов .....	62
3.2. Разработка формулы ультразвуковой оценки объема желудка в положении 30/30: проспективное наблюдательное исследование .....	64
3.3. Валидация формулы расчета объема желудка в модифицированном положении 15°/15° .....	70
3.4. Валидация модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка .....	73
3.4.1 Результаты межоператорской воспроизводимости модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка в положении 15/15 .....	73
3.4.2 Оценка эффективности ультразвукового скрининга желудка в реальной клинической практике (расширенная когорта).....	75
Глава 4. Обсуждение результатов исследования.....	82
Заключение .....	93
Выводы .....	99
Практические рекомендации.....	100
Перспективы дальнейшей разработки темы.....	104
Список сокращений .....	108
Список литературы .....	110

Список рисунков .....	126
Список таблиц .....	128

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Периоперационная аспирация желудочного содержимого (реургитация с последующим попаданием в трахеобронхиальное дерево) остается одним из наиболее грозных осложнений анестезиологической практики, представляя прямую угрозу жизни пациента [4, 5, 12, 75, 79, 83, 99]. Несмотря на прогресс в методах мониторинга и обеспечения безопасности дыхательных путей, аспирационный синдром продолжает вносить весомый вклад в структуру анестезиологической летальности [68, 79]. Согласно данным крупных аудитов, таких как 4-й Национальный аудиторский проект Королевского колледжа анестезиологов Великобритании (NAP4), аспирация была признана ведущей причиной смерти, непосредственно связанной с осложнениями со стороны дыхательных путей [61, 62]. Летальность при развитии аспирационного пневмонита, острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) достигает 16%, а среди пациентов, перенесших клинически значимую аспирацию, смерть наступает более чем в половине случаев [18, 53, 105]. В рамках проекта Американского общества анестезиологов «Закрытые претензии» выявлено, что аспирация желудочного содержимого составила 115 (5%) из 2496 наблюдений. Смерть, непосредственно связанная с легочной аспирацией, наступила в 66 (57%) из 115 случаев аспирации [83]. Исследователи J. Sun и соавт. (2021) при анализе 166 491 анестезий выявили частоту развития аспирации желудочного содержимого 1:8325 и реургитации без аспирации с такой же частотой 1:8325 анестезий; смертность, связанная с аспирацией желудочного содержимого, составила 1:55497 [73]. Таким образом, проблема профилактики данного осложнения сохраняет свою первостепенную медико-социальную значимость, определяя одно из ключевых направлений для повышения безопасности анестезиологического обеспечения.

На протяжении десятилетий краеугольным камнем профилактики аспирации являлось соблюдение рекомендуемых интервалов предоперационного

голодания (6-8 часов для твердой пищи, 2 часа для прозрачных жидкостей) [13, 63, 72, 78] Однако накопленные клинические и научные данные убедительно подтверждают фундаментальные недостатки этого подхода. Скорость опорожнения желудка подвержена значительной индивидуальной вариабельности и зависит от множества факторов: характера пищи, психоэмоционального статуса (боль, стресс), сопутствующей патологии (сахарный диабет, ожирение, гастропарез), приема медикаментов (опиоиды, седативные) [8, 14, 72, 80, 125, 126]. Как следствие, формальное соблюдение «правила N часов» отнюдь не гарантирует эвакуацию желудочного содержимого и не может служить достоверным предиктором «пустого желудка». Особенно остро эта проблема стоит в экстренной хирургии и травматологии, где проведение полноценной подготовки зачастую невозможно, а пациенты поступают на операцию в условиях «полного желудка» [17, 36, 82]. Это приводит к тому, что временные интервалы голодания малоприменимы для стратификации риска аспирации в практической работе врача-анестезиолога-реаниматолога [35, 38, 76, 87, 90].

Осознание ограниченности временных интервалов голодания побудило к разработке дополнительных стратегий, включающих фармакологическую премедикацию (антациды, H<sub>2</sub>-блокаторы, прокинетики) и специальные технические приемы индукции (быстрая последовательная индукция с приемом Селлика) [15, 32, 68]. Однако крупные популяционные исследования и мета-анализы не выявили статистически значимого влияния этих мер на общий показатель смертности от аспирации на уровне популяции [69, 94, 123]. Более того, в отдельных высокорисковых областях, таких как экстренная абдоминальная и акушерская анестезия, частота аспирации осталась практически неизменной с конца XX века [1, 102, 123, 124]. Это свидетельствует о том, что ключевым звеном проблемы является не дефицит профилактических методик, а отсутствие точного, объективного и применимого в реальных условиях инструмента для идентификации пациента с высоким индивидуальным риском в момент начала анестезии. Современный анестезиолог вынужден либо полагаться на неспецифичные клинические признаки, либо применять агрессивные протоколы

ко всем пациентам из условной группы риска, что повышает вероятность ятрогенных осложнений [19, 61, 62].

Прорывом в решении данной проблемы стало внедрение в клиническую практику врача анестезиолога-реаниматолога ультразвукового исследования (УЗИ) антрального отдела желудка на месте оказания помощи ((point-of-care ultrasonography или point-of-care ultrasound (POCUS)) [58, 121]. Действительно, как показывают данные литературы, интеграция в повседневную деятельность доступных ультразвуковых методик исследования позволяет повысить безопасность пациентов в отделениях анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии [3, 9, 10, 31, 58]. Метод УЗИ антрального отдела желудка, детально описанный А. Perlas с коллегами, позволяет неинвазивно, быстро и с высокой точностью оценить как качественный характер (пустой/жидкий/плотный), так и количественный объем содержимого желудка [22, 74, 77, 113, 120, 122, 125]. Разработанная ими математическая модель, основанная на измерении площади поперечного сечения (ППС) антрального отдела в положении пациента лежа на правом боку, показала отличную корреляцию с референсными методами (гастроскопия, аспирация через зонд) и стала широко признанным инструментом [113, 120]. Использование УЗИ желудка кардинально меняет парадигму: от руководства, основанного на времени, к контролю, основанному на прямых визуальных данных [58].

Однако широкое внедрение УЗИ желудка выявило его принципиальное клиническое ограничение: необходимость укладки пациента в положение лежа на правом боку. Данное положение зачастую невозможно или крайне опасно обеспечить у именно тех категорий пациентов, которые относятся к группе наивысшего риска аспирации: пациенты с нестабильными повреждениями позвоночника и политравмой; пациенты в критическом состоянии с нарушенной гемодинамикой; на поздних сроках беременности; пациенты после фиксации на операционном столе или подключения сложного комплекса мониторинга [6, 7, 12, 24, 34, 42, 77, 114]. Таким образом, появляется научно-практическое противоречие: наиболее точный метод оценки риска неприменим для наиболее

уязвимой группы пациентов. Следовательно, разработка модифицированного, клинически осуществимого способа ультразвуковой оценки содержимого желудка, не требующего физического поворота пациента, но сохраняющего диагностическую точность, является актуальной и востребованной задачей. Решение этой задачи позволит распространить преимущества объективной ультразвуковой оценки на всех пациентов, нуждающихся в хирургическом лечении и анестезии, и совершить переход к персонализированному и максимально безопасному анестезиологическому обеспечению, что и определяет высокую актуальность настоящего диссертационного исследования.

### Степень разработанности темы

Анализ современной научной литературы позволяет выделить несколько четко оформившихся направлений в изучении проблемы профилактики периоперационной аспирации и роли ультразвуковой оценки.

В первую очередь следует отметить, что произошла эволюция представлений о факторах риска и неэффективности временных критериев. Исторически исследования были сфокусированы на выявлении клинических предикторов аспирации (ожирение, диабет, беременность, экстренность операции) [102, 123, 124]. Классическая работа С. Mendelson (1946), давшая название синдрому, впервые жестко связала риск с наличием желудочного содержимого [66]. Однако последующие десятилетия показали, что рекомендованные интервалы голодания, ставшие основой клинических руководств, являются недостаточно надежными [49, 71, 105]. Многочисленные исследования с использованием объективных методов (УЗИ, аспирация через зонд, магнитно-резонансная томография, сцинтиграфия и др.) доказали, что у значительного числа пациентов, соблюдающих предписания, в желудке обнаруживается клинически значимый объем жидкости, в то время как у части, не соблюдавших голодание, желудок может быть пуст [28, 30, 41, 48, 64, 88, 91, 112]. Этот научный

консенсус сместил фокус с контроля времени на непосредственную оценку содержимого желудка [118].

Во вторую очередь прошло становление и валидация ультразвуковой антральной сонографии как самостоятельного метода. Методология ультразвуковой оценки опорожнения желудка через измерение ППС антрального отдела была заложена в работах L. Bolondi и соавт. (1985) в гастроэнтерологии [65]. Ее адаптацию для нужд периоперационной медицины провела A. Perlas с коллегами (2009 – 2013), предложив стандартизированный протокол визуализации и высокоточную прогностическую формулу объема ( $GV = 27.0 + 14.6 \times CSA\_RLD - 1.28 \times \text{возраст}$ ) [43, 113, 120]. Данная модель была валидирована против гастроскопии и признана «золотым стандартом» в анестезиологии [110, 119, 120]. Многочисленные независимые исследования подтвердили хорошую корреляцию УЗ-оценки со сцинтиграфией («золотой стандарт» в физиологии), магнитно-резонансной томографией и дыхательными тестами, а также высокую воспроизводимость метода между исследователями [23, 45, 74, 122, 127].

Ключевым для нашего исследования является направление, изучающее зависимость точности ультразвуковой оценки от позиционирования пациента. Установлено, что корреляция между ППС антрального отдела и истинным объемом желудка максимальна именно в положении лежа на правом боку (коэффициенты корреляции Пирсона 0,6-0,9), поскольку в этой позиции жидкое содержимое под действием гравитации максимально смещается в антральный отдел, обеспечивая его оптимальную визуализацию [28, 50, 85, 108, 112, 120, 122]. Три исследования напрямую сравнили силу корреляции в различных положениях пациента [31, 108, 112]. Измерения в положении лежа на спине демонстрируют значительно более слабую корреляцию, что делает их недостаточно надежными для клинического прогнозирования. Обзор работ, исследующих промежуточные положения (полусидя, положение Фаулера), показывают улучшение корреляции по сравнению с положением на спине, но все еще уступают позиции на правом боку [57, 118, 122]. Таким образом, в литературе прочно утвердилось мнение о принципиальном превосходстве положения на правом боку.

Осознание ограничений основной формулы привело к появлению специализированных моделей для отдельных групп пациентов и типов содержимого. Так, были предложены формулы для детей (Т. Sander и соавт.), для беременных, для оценки объема густых жидкостей (М. Tacke и соавт.), учитывающие анатомо-физиологические особенности [33, 116]. L. Bouvet и соавт. разработали модель на основе измерения ППС в полусидячем положении ( $45^\circ$ ), которая, однако, применима для объемов лишь до 250 мл и имеет более сильную связь ( $r=0,72$ ) [28].

Анализ литературы показывает, что все существующие количественные модели, претендующие на высокую точность, требуют либо положения на правом боку, либо положения сидя/полусидя, которое также не всегда достижимо у критических больных на операционном столе [42, 51, 122]. Целенаправленный поиск в базах данных (PubMed, Scopus, Cochrane, eLibrary) не выявил исследований, посвященных разработке и валидации ультразвуковой методики исследования объема желудка, которая была бы предназначена для использования непосредственно на стандартном операционном столе в условиях развернутого мониторинга и фиксации пациента, исключала бы необходимость физического поворота пациента.

Таким образом, научное сообщество пришло к консенсусу о неадекватности временных интервалов голодания и признало ультразвуковую антральную сонографию наиболее перспективным инструментом объективной оценки. Однако существующий «золотой стандарт» УЗИ желудка (положение на правом боку) имеет критическое клиническое ограничение. Предлагаемые альтернативы (положение полусидя) не решают проблему для пациентов, которым противопоказан или невозможен любой активный поворот. Следовательно, разработка способа, использующего пассивное позиционирование за счет регулировок операционного стола, является логичным и необходимым следующим шагом в эволюции метода, направленным на преодоление выявленной клинической проблемы.

## 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°/30°.
3. Провести валидацию разработанной формулы в положении пациента 15°/15°.
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 C1) 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  $15^\circ$  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 составляет синтез системного и доказательного подходов. Системный подход позволяет рассматривать проблему аспирационных осложнений не изолированно (как технический риск интубации), а как многокомпонентную систему, включающую: патофизиологию моторики желудка, ограничения клинических рекомендаций (интервалы голодания), диагностические возможности ультразвука и эргономику рабочего процесса анестезиолога в операционной. Доказательный подход задает иерархию методов: от описательной статистики распространенности явления — к разработке диагностической модели и ее валидации в клинических условиях. Это обеспечивает воспроизводимость результатов и их готовность к внедрению в клинические рекомендации.

Объект исследования — пациенты планового и экстренного хирургического профиля.

Предмет исследования — количественные и качественные ультразвуковые характеристики антрального отдела желудка, их математическая трансформация в прогностическую модель объема, а также воспроизводимость этой модели в руках практикующих анестезиологов.

Выбор стратегии определяется смешанным (количественно-качественным) дизайном, что обусловлено сложностью предмета исследования (таблица 1).

Таблица 1 – Компоненты стратегии диссертационного исследования

Компонент стратегии	Реализация в диссертации
Количественная стратегия	Применяется для измерения: распространенности признаков желудочного содержимого, корреляций между сонографическими параметрами и объемом содержимого желудка, статистической валидации регрессионной модели.
Качественная стратегия	Реализована на этапе интерпретации ультразвуковых паттернов («пустой желудок», «ранняя/поздняя фаза пищеварения»), анализа причин невозможности визуализации (пневматизация, компартмент-синдром), а также при экспертном анализе эргономических ограничений положений пациента.

Диссертационное исследование осуществлено в ходе четырех последовательных фаз, каждая из которых является ответом на вопрос, поставленный предыдущим этапом:

- фаза идентификации проблемы: есть ли несоответствие между декларируемым «пустым желудком» и реальной ультразвуковой картиной? (ретроспективно-проспективный срез);

- фаза разработки инструмента решения: как рассчитать объем точно и в удобном положении? (проспективное наблюдательное исследование, регрессионный анализ);
- фаза модификации: можно ли улучшить эргономику без потери точности? (валидационное исследование);
- фаза внедрения: воспроизводим ли метод в руках практикующих врачей? (валидация и клиническая апробация).

Диссертационное исследование выполнено согласно принципам доказательной медицины, а выводы сделаны на основе статистического анализа полученных данных. Описательная статистика: выбрана для представления полученных данных, демографических и антропометрических профилей выборок.

Корреляционный анализ (по Пирсону) применен для первичного отсева переменных, не влияющих на объем желудка (рост, ИМТ), это позволило избежать перегрузки регрессионной модели.

Множественный регрессионный анализ (пошаговый метод): выбран как основной инструмент построения прогностической формулы. Пошаговый метод позволил включить в модель только те предикторы, которые действительно значимы, исключая коллинеарность.

Непараметрические критерии (Манна-Уитни, Фридмана): выбор был обусловлен распределением данных, отличным от нормального (критерий Шапиро-Уилка), что типично для выборок с гетерогенной дисперсией. Р-Р графики и диаграммы рассеяния: использованы не как декорация, а как инструмент проверки допущений регрессионного анализа (нормальность распределения остатков, гомоскедастичность).

Критерий Фридмана для связанных выборок: позволил доказать эквивалентность измерений в трех разных положениях (15/15, 30/30, 90), что явилось ключевым аргументом для модификации методики.

### 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 обеспечена репрезентативностью выборок с достаточным количеством наблюдений, современностью и адекватностью методов исследования и статистической обработки. Выводы исследования проверены и апробированы на практике.

Результаты диссертационного исследования были представлены на 3 конференциях, конгрессах и съездах: Научно-образовательная конференция «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (2021), Научно-образовательная конференция «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (2024), Научно-образовательная конференция «Актуальные вопросы и инновационные технологии в анестезиологии и реаниматологии» (2025)

По материалам диссертации опубликованы: 4 печатные работы в отечественной медицинской литературе, все 4 в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, получен патент на изобретение Российской Федерации №2847018 «Способ ультразвуковой оценки объема содержимого желудка».

Результаты исследования, основные положения и практические рекомендации внедрены в практическую работу врачей анестезиологов-реаниматологов отделений анестезиологии и реанимации Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы», а также используются в учебном процессе и научной работе кафедры военной анестезиологии и реаниматологии им. Б.С. Уварова.

#### Личный вклад автора

Диссертационная работа представляет собой самостоятельный законченный труд. Совместно с научным руководителем на основании теоретических предпосылок диссертантом разработаны тема и план диссертации. Автором был самостоятельно составлен дизайн исследования и разработана база данных. Автор принимал непосредственное участие во всех этапах планирования и подготовки диссертационного исследования, формулировании его цели и задач. Автором было

принято непосредственное участие в наборе материала, отборе данных для проспективных исследований, выполнение ультразвукового сканирования антрального отдела желудка у пациентов. Автор самостоятельно осуществил формирование базы научных данных диссертационного исследования, выполнил статистический анализ и интерпретировал результаты исследования. Автором лично выполнены формулирование и публикация результатов, написание 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, который включает 12 отечественных и 115 зарубежных источника. Работа изложена на 128 страницах, содержит 19 таблиц и иллюстрирована 14 рисунками.

## ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ПЕРИОПЕРАЦИОННОЙ АСПИРАЦИИ И МЕТОДЫ ЕЕ ПРОФИЛАКТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

### 1.1. Актуальность проблемы аспирационного синдрома: эпидемиологический парадокс

Аспирация желудочного содержимого входит в перечень осложнений, которые традиционно относят к разряду предотвратимых. Тем не менее, эпидемиологическая картина последних десятилетий указывает на тревожную стабильность: показатели летальности и частоты встречаемости данного синдрома остаются высокими. Несмотря на появление новых фармакологических средств, совершенствование надгортанных воздухопроводов, устройств для интубации трахеи, отработку протоколов быстрой последовательной индукции, к сожалению, не произошло радикального снижения частоты аспирационных пневмонитов [4, 5, 17, 61, 62, 73, 75, 83, 99].

В общей популяции хирургических пациентов частота аспирации сохраняется на уровне 1:2000–3000 при плановых вмешательствах, возрастая до 1:600–1:900 в экстренной хирургии [71, 83, 102, 123]. Важно подчеркнуть, что эти цифры практически не изменились за последние 30 лет. Так, в классической работе М. Warner (1993) частота аспирации составляла 1:3216 плановых анестезий [123]; исследование J. Sun (2021) выявило частоту аспирации 1:8325 анестезий [73]. Столь незначительная динамика на фоне технологического прогресса требует объяснения.

Летальность при развитии аспирационного синдрома сохраняется в диапазоне 5–6%, однако у пациентов с последующим развитием острого респираторного дистресс-синдрома она достигает 60–70%.

Акушерская анестезиология традиционно рассматривается как арена борьбы с аспирацией. Исторические данные С. Mendelson и соавт. (1946) фиксировали частоту осложнения 1:667 родов [66]. Современные немецкие регистры демонстрируют улучшение до 1:2188, однако вклад аспирации в структуру

материнской смертности все еще составляет 1–2% [11, 27]. В Великобритании за период 2018–2020 гг. зафиксировано 3 случая материнской смерти вследствие аспирации, причем во всех случаях режим голодания формально соблюдался. В отечественной литературе также появляется описание случаев аспирации в акушерской и гинекологической практике [2, 11]. Это подчеркивает ограниченность традиционной стратификации риска в акушерстве.

Помимо клинической значимости, аспирационный синдром имеет существенное экономическое влияние. По данным S. Tong и соавт. (2018), средняя стоимость госпитализации пациента с пневмонией в США составляет 10 962 доллара, при этом совокупные годовые расходы Medicare на ведение пациентов с пневмонией превышают 87 миллиардов долларов [52, 106]. Специфические экономические потери, связанные именно с аспирационной пневмонией как ятрогенным осложнением, включают не только прямые затраты на лечение, но и юридические издержки: в структуре закрытых претензий ASA аспирация желудочного содержимого составляет 5% всех исков, а средняя сумма компенсации достигает 320 000 долларов [83]. В Российской Федерации аналогичные расчеты не проводились, однако очевидно, что экономическое бремя осложнения также является значительным.

Ключевое противоречие, выявленное при анализе литературы, заключается в следующем: мы продолжаем использовать инструменты профилактики, разработанные в середине XX века (голодание, антациды, прокинетики), тогда как природа пациентов изменилась [4, 49, 71, 105]. Современный хирургический пациент — это пациент с коморбидным фоном (диабет, ожирение, хроническая почечная недостаточность, прием антикоагулянтов и обезболивающих), который сам по себе влияет на моторику желудка [6, 7, 12, 24, 34, 42, 77, 114]. Следовательно, универсальные временные нормативы голодания не могут быть одинаково эффективны для всей популяции. Возникает необходимость перехода от популяционной профилактики к персонализированной стратификации риска.

## 1.2. Стратегии профилактики аспирационного синдрома: эволюция и современное состояние

### 1.2.1. Концепция предоперационного голодания: от догмы к разочарованию

Долгое время незыблемым правилом анестезиологии являлся принцип «ничего per os после полуночи». Физиологическое обоснование этого подхода представлялось безупречным: чем дольше пациент не принимает пищу, тем меньше объем желудочного содержимого и ниже риск регургитации. Однако исследования 1980–1990-х годов поставили под сомнение данную логику.

Скорость эвакуации жидкости из желудка подчиняется логарифмическому закону: 50% объема эвакуируется в среднем за 12–15 минут, 90% — за 60–90 минут. Увеличение периода голодания свыше 2 часов для прозрачных жидкостей и свыше 6 часов для легкой пищи не приводит к дальнейшему значимому снижению объема желудочного содержимого [40, 78]. Напротив, пролонгированное голодание (>12 часов) ассоциировано с повышением кислотности желудочного сока и увеличением риска гипогликемии, инсулинорезистентности и субъективного дискомфорта.

Современные руководства (ESA, ASA, РФ) декларируют либеральный режим: прозрачные жидкости разрешены за 2 часа до анестезии, легкая пища — за 6 часов. Однако эти рекомендации экстраполированы на всю популяцию без учета индивидуальной вариабельности скорости опорожнения желудка. Более того, они основаны на исследованиях, выполненных на здоровых добровольцах 20–30 лет назад, и не учитывают современную коморбидность.

Физиологические исследования последних лет демонстрируют, что:

– у женщин содержимое желудка эвакуируется медленнее мужчин (разница достигает 20–30%);

- пожилые пациенты (старше 75 лет) имеют более низкую скорость опорожнения, причем это связано не с возрастом, а с сопутствующей саркопенией и вегетативной нейропатией;
- курение, даже при соблюдении голодания, ассоциировано с большим объемом желудочного секрета (исследование 2022 г. показало увеличение объема на 35% у заядлых курильщиков);
- тревожность и болевой синдром активируют симпатическую нервную систему и подавляют моторику антрального отдела;
- опиоиды значительно увеличивают время эвакуации содержимого желудка [37, 39].

Наиболее тревожные данные получены при анализе реальных случаев аспирации. Регистр webAIRS (Австралия, 2019) показал, что в 64% эпизодов аспирации режим голодания был соблюден полностью, и лишь 9% пациентов признаны «недостаточно голодными» [17]. Аналогичные данные получены в европейском регистре NAP4 (2011): из 62 случаев аспирации 41 пациент (66%) голодал более 6 часов [62].

Эти цифры имеют принципиальное значение: они означают, что ориентация исключительно на временные интервалы не позволяет выделить группу истинного риска. Пациент может формально считаться «голодным», но фактически иметь полный желудок вследствие гастропареза, диабетической нейропатии, вегетативной дисфункции или идиосинкразических особенностей моторики.

### 1.2.2. Фармакологическая профилактика: воздействие на последствия, а не на причину

Современный арсенал фармакологических средств включает три основные группы: прокинетики, антисекреторные препараты и антациды. Однако анализ

литературы формирует сдержанное, а в ряде случаев — негативное отношение к их рутинному применению.

Метоклопрамид, длительное время рассматривавшийся как препарат выбора для ускорения опорожнения желудка, демонстрирует противоречивые результаты. Метоклопрамид, обладающий антагонистической активностью в отношении дофаминовых рецепторов, длительное время рассматривался как средство выбора для ускорения опорожнения желудка. Препарат повышает тонус нижнего пищеводного сфинктера и стимулирует перистальтику антрального отдела. Однако клинические исследования продемонстрировали противоречивые результаты. В работе S. Sayuadi и соавт. (2020) с использованием ультразвукового контроля было показано, что метоклопрамид действительно уменьшает площадь поперечного сечения антрального отдела у пациентов с нарушенным режимом голодания. В то же время мета-анализы не выявили доказательств влияния метоклопрамида на частоту легочной аспирации как клинического исхода [109]. В настоящее время ASA не рекомендует рутинное использование прокинетиков у пациентов без явных факторов риска [13, 78].

Эритромицин, помимо антибактериальной активности, является агонистом рецепторов мотилина. Его прокинетический эффект в отношении антрального отдела и двенадцатиперстной кишки подтвержден в многочисленных клинических исследованиях, включая систематические обзоры [60].

Несмотря на доказанную способность ускорять опорожнение желудка, применение эритромицина в качестве прокинетического агента в периоперационном периоде не получило широкого распространения. Основным ограничивающим фактором выступает аритмогенный потенциал препарата: доказана способность эритромицина вызывать удлинение интервала QT и провоцировать развитие полиморфной желудочковой тахикардии типа «пируэт» (*torsades de pointes*) у человека.

Антисекреторные препараты: проблема тайминга и целевой аудитории. Антагонисты H<sub>2</sub>-рецепторов (ранитидин, фамотидин) и ингибиторы протонной помпы (омепразол, пантопразол) эффективно повышают pH желудочного сока,

снижая потенциальную агрессивность аспирированного материала. Однако они не влияют на объем содержимого и моторику желудка. Критическим ограничением является время начала действия. Согласно инструкциям к препаратам для пероральных форм требуется 60–90 минут; внутривенное введение действует через 45–60 минут для H<sub>2</sub>-блокаторов и через 60–120 минут для ИПП. В экстренной хирургии этот временной интервал недостижим [98, 103].

Антациды представляют собой наиболее противоречивую группу. Повышая рН, они одновременно увеличивают объем желудочного содержимого [18]. Исторический опыт Великобритании (1973–1975) продемонстрировал, что 8 из 9 женщин, умерших от аспирации, получали рекомендованные дозы антацидов [104]. Современные клинические наблюдения продолжают фиксировать летальные исходы при аспирации содержимого, содержащего антацидные препараты [11].

Цитрат натрия, относящийся к непартикулярным антацидам, лишен риска образования твердых частиц, однако его объем (30 мл) сам по себе создает дополнительный объем в желудке. Кроме того, продолжительность действия цитрата не превышает 30–45 минут, что требует точного тайминга [55].

Таким образом, фундаментальным ограничением фармакологической профилактики является ее направленность не на предотвращение аспирации как события, а на уменьшение тяжести последствий. Более того, значительная часть современных аспирационных пневмонитов вызвана желчью, кровью или твердыми частицами, на которые фармакологические агенты не влияют. У значительной части пациентов с аспирационным пневмонитом в аспирате обнаружены желчные пигменты, что свидетельствует о дуоденогастральном рефлюксе — состоянии, при котором ни антисекреторные препараты, ни прокинетики неэффективны [97].

### 1.2.3. Механическая декомпрессия: назогастральный зонд как источник ятрогенного риска

Назогастральная аспирация традиционно воспринимается как надежный метод эвакуации желудочного содержимого. В российских клинических рекомендациях до сих пор присутствует формулировка «при любой экстренной анестезии показана установка назогастрального зонда». Однако физиологические исследования демонстрируют парадоксальный эффект [95].

Наличие зонда *in situ* снижает давление нижнего пищеводного сфинктера на 30–50%. В. Manning (2000) показал, что у пациентов с установленным назогастральным зондом частота эпизодов рефлюкса (рН в пищеводе <4) достоверно выше, чем без зонда, причем диаметр трубки (от 12 Fr до 18 Fr) не влияет на выраженность эффекта [67]. Более того, у пациентов в ОРИТ наличие назогастрального зонда ассоциировано с двукратным увеличением числа проксимальных рефлюксов [47].

Назогастральная аспирация не гарантирует полного опорожнения желудка. Твердые фрагменты пищи (диаметром > 3–4 мм) не проходят через боковые отверстия зонда. Жидкость может эвакуироваться не полностью вследствие коллабирования стенок желудка вокруг зонда, особенно при отрицательном давлении в аспирационной системе. Исследование L. Bouvet (2019) с использованием УЗИ показало, что после «полной» аспирации через зонд, в желудке сохраняется в среднем 250 мл жидкости [92].

В ряде клинических ситуаций установка назогастрального зонда сопряжена с недопустимым риском:

- эклампсия и тяжелая преэклампсия (риск гипертонического криза на фоне манипуляции);
- предлежание плаценты и варикозное расширение вен пищевода (риск кровотечения);
- тяжелая коагулопатия (риск носового и пищеводного кровотечения);
- переломы основания черепа (риск интракраниального проникновения зонда, описаны казуистические случаи) [96].

Таким образом, механическая декомпрессия не является ни безопасным, ни гарантированно эффективным методом.

Ни одна из существующих стратегий профилактики не решает проблему принципиально. Голодание опирается на усредненные нормативы, игнорирующие индивидуальную вариабельность. Фармакология не предотвращает аспирацию, а лишь модифицирует ее последствия. Механическая декомпрессия может сама индуцировать рефлюкс и не гарантирует пустой желудок. Очевидно, что необходим переход к персонализированной стратификации риска на основе объективной оценки фактического состояния желудка конкретного пациента перед индукцией.

### 1.3. Диагностические методы оценки желудочного содержимого: от лабораторных технологий к прикроватной сонографии

#### 1.3.1. Палитра диагностических возможностей: выбор критериев для анестезиологии

Гастроэнтерология и клиническая фармакология располагают широким спектром методов для исследования моторно-эвакуаторной функции желудка. Однако далеко не все они применимы в анестезиологической практике.

Принципиальное различие между гастроэнтерологическим и анестезиологическим подходом заключается в целеполагании. Гастроэнтеролога интересует скорость опорожнения (динамический процесс, требующий серии измерений в течение нескольких часов). Врача анестезиолога-реаниматолога интересует факт наличия/отсутствия содержимого и его объем в данный момент (статический срез). Поэтому метод, идеально работающий в научных исследованиях (сцинтиграфия, МРТ), может быть бесполезен в операционной, где временное окно для принятия решения измеряется минутами (таблица 2).

Таблица 2 – Методы исследования моторно-эвакуаторной функции желудка [29, 93]

Метод	Точность	Время исследования	Применимость в операционной	Ограничения
Сцинтиграфия с $^{99m}\text{Tc}$	«Золотой стандарт» ( $r > 0,95$ )	2–4 часа	Невозможна	Ионизирующее излучение, необходимость гамма-камеры
МРТ с волюмометрией	Высокая ( $r > 0,9$ )	30–60 мин	Ограничена	Стоимость, доступность, металлические импланты
Аспирация с двойным разведением	Точная (индикатор PEG)	30–60 мин	Только для исследований	Инвазивность, сложность
$^{13}\text{C}$ -октановый дыхательный тест	Косвенная	3–4 часа	Неприменим	Длительность, необходимость стабильного изотопа
Импедансная гастрография	Умеренная ( $r = 0,6–0,7$ )	15–30 мин	Ограничена	Артефакты движения, низкая специфичность
УЗИ антрального отдела	Высокая ( $r = 0,6–0,91$ )	2–5 мин	Высокая применимость	Операторозависимость

## Критерии идеального анестезиологического теста:

- неинвазивность и безопасность;
- время получения результата < 5 минут;
- возможность выполнения у пациента в положении лежа;
- четкие, воспроизводимые критерии интерпретации;
- доступность оборудования в операционной;
- низкая операторозависимость при базовом обучении [44].

Ультразвуковая сонография антрального отдела желудка в наибольшей степени соответствует этим критериям, что и объясняет экспоненциальный рост числа публикаций по данной теме за последнее десятилетие.

### 1.3.2. Ультразвук желудка: эволюция от гастроэнтерологического инструмента к анестезиологическому POCUS

#### Период становления (1982–1993).

Исторически УЗИ желудка развивалось в рамках гастроэнтерологии. D. Bateman (1982) впервые продемонстрировал возможность измерения объема жидкости в желудке в реальном времени, однако методика серийного сканирования всего желудка с перемещением датчика вдоль оси была технически сложной, требовала громоздких вычислений и не прижилась в клинике [20].

Прорыв произошел благодаря работам L. Bolondi (1985) и R. Ricci (1993), которые доказали, что антральный отдел является репрезентативным окном для оценки всего желудка. Измерение площади поперечного сечения антрального отдела желудка в одной точке после приема пищи позволяет с высокой точностью судить об общем объеме содержимого. В работе R. Ricci коэффициент корреляции между площадью антрального отдела желудка и общим объемом желудка (измеренным аспирационным методом) составил 0,85–0,91. Это открытие радикально упростило методику и сделало ее пригодной для клинического использования [65, 88].

Период гастроэнтерологической практики (1993–2009). Долгое время УЗИ желудка оставалось инструментом гастроэнтерологов для диагностики гастропареза при сахарном диабете, функциональной диспепсии и склеродермии. В этот период были разработаны протоколы оценки опорожнения с использованием жидких и твердых тестовых завтраков, валидированные сравнением со сцинтиграфией [30, 89]. Однако анестезиологи практически не проявляли интереса к методу.

### Интеграция в анестезиологию и реаниматологию (2009–2014).

Интеграция метода в анестезиологию и реаниматологию началась с работы Н. Сагп и соавт. (1992), который использовал УЗИ для оценки содержимого желудка у рожениц. Исследователь обнаружил, что почти у двух третей женщин в активной фазе родов в желудке сохраняется твердая пища независимо от времени последнего приема пищи. Это наблюдение продемонстрировало ограниченность временных критериев голодания в акушерстве и стимулировало интерес к УЗИ как к инструменту объективного контроля [26].

Т. Fujigaki и соавт. (1993) предложили первый протокол количественной оценки: измерение площади антрального отдела методом трассировки. Автор выявил корреляцию ( $r^2=0,36$ ) между площадью среза и объемом аспирированного содержимого и предложил использовать пороговое значение  $8,0 \text{ см}^2$  для идентификации «полного желудка» [85]. Однако работа Т. Fujigaki не получила широкого распространения в анестезиологии, поскольку выполнялась в положении пациента сидя, что неприменимо в большинстве операционных сценариев.

### Период стандартизации (2014 – настоящее время).

Стандартизация ультразвуковой методики произошла в работах А. Perlas, J. Cubillos и L. Bouvet. К настоящему времени сформировался консенсус относительно анатомических ориентиров, техники сканирования и критериев интерпретации [28, 54, 113].

#### 1.3.3. Анатомические и методические основы современной сонографии желудка

Антральный отдел желудка визуализируется при УЗИ в сагиттальной плоскости в эпигастральной области под мечевидным отростком, используя левую долю печени, аорту и верхнюю брыжеечную артерию в качестве ориентиров (рисунок 1) [70][74]. Антральный отдел желудка представляет собой поверхностную полую структуру с толстой многослойной стенкой, расположенную непосредственно под левой долей печени и перед телом

поджелудочной железы. Кзади от антрального отдела желудка находятся нижняя полая вена и аорта, которые можно обнаружить в ходе исследования. Для количественной оценки объема желудочного содержимого используется стандартизированная плоскость на уровне аорты (рисунок 2) [22, 70, 74].

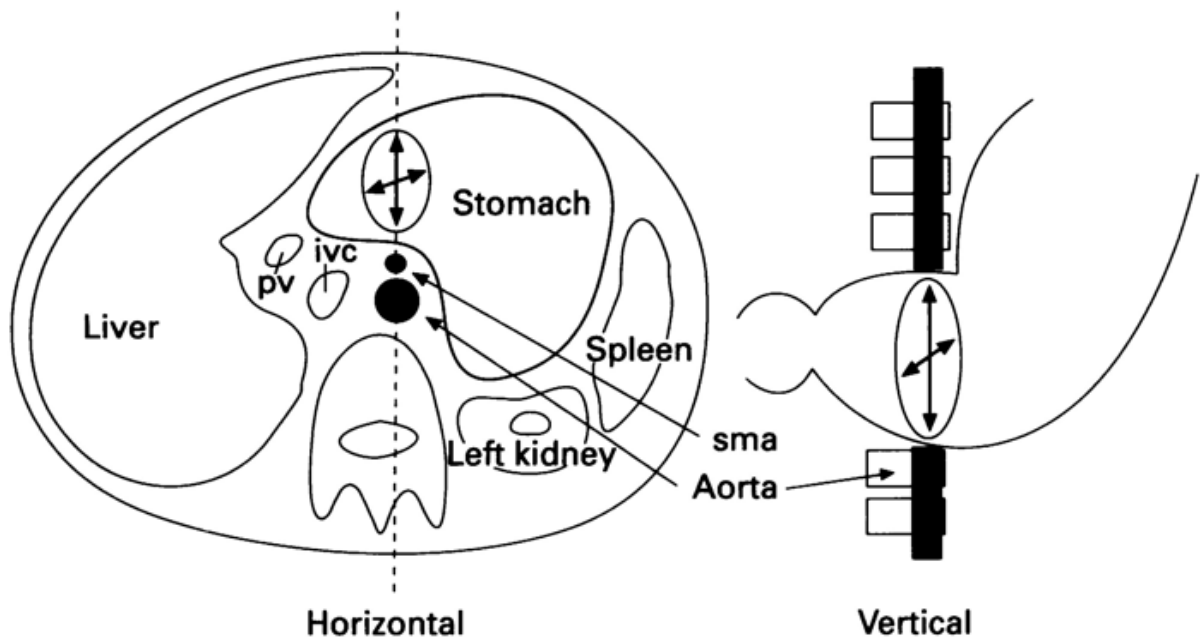


Рисунок 1 – Сагиттальный срез, включающий антральный отдел желудка, левую долю печени, аорту и (sma): верхнюю брыжеечную артерию, ivc: нижняя полая вена, pv: воротная вена. (цитировано по S. Newell и соавт. (1993) [70])

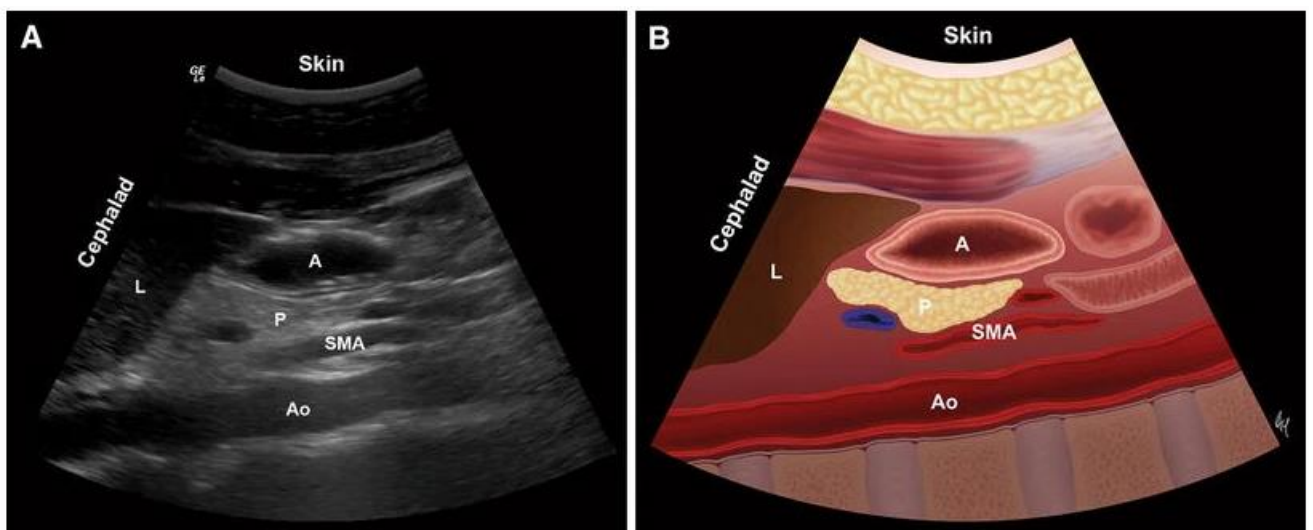


Рисунок 2 – Стандартизированная плоскость сканирования для количественной оценки объема желудка. А. Сагиттальная сонограмма антрального

отдела желудка. В. Схематическое изображение сагиттальной соноанатомии. А = антральный отдел; L = печень; P = поджелудочная железа; SMA = верхняя брыжеечная артерия; Ao = аорта. (адаптировано из J. Cubillos и соавт. (2012) [22])

Ультразвуковая анатомия стенки желудка включает пять слоев, которые от внутренней поверхности к внешней, включают в себя: 1) границу между слизистой оболочкой и просветом (тонкая эхогенная линия), 2) мышечный слой слизистой оболочки (гипоэхогенный), 3) подслизистый слой (гиперэхогенный), 4) собственный мышечный слой (гипоэхогенный, обычно самый толстый слой стенки желудка) и 5) серозный слой (тонкий, гиперэхогенный) [59]. Идентификация желудка может быть проведена при использовании высокочастотного датчика (у детей) и датчика 2–5 МГц с фокусировкой на переднюю брюшную стенку (у взрослых). Отсутствие четкой дифференцировки слоев может свидетельствовать об отеке стенки (гастропатия) либо о технических трудностях визуализации.

Позиционирование пациента является критическим фактором точности. В положении на спине жидкость распределяется преимущественно в теле и дне желудка; антральный отдел, расположенный антеградно, может казаться «пустым» даже при значительном общем объеме содержимого. Поворот на правый бок перемещает содержимое под действием гравитации в антральный отдел, что повышает чувствительность метода с 60–70% до 90–95%. В положении на правом боку корреляция между площадью среза антрума и общим объемом желудка максимальна ( $r=0,86-0,91$ ) [24].

Однако положение на правом боку имеет принципиальные ограничения:

- травма: невозможно при нестабильных переломах позвоночника, таза, нижних конечностей;
- гемодинамическая нестабильность: поворот может спровоцировать гипотензию у пациентов с гиповолемией, сниженной фракцией выброса;
- морбидное ожирение: самостоятельный поворот пациента массой >150 кг на операционном столе технически сложен;

Акушерская практика: у беременных в третьем триместре положение на правом боку вызывает компрессию нижней полой вены, снижение венозного возврата, гипотензию и брадикардию плода (описаны наблюдения в работе Cristian Arzola 2015) [21].

Альтернативные позиции. L. Bouvet и соавторы предложили использовать положение полусидя  $45^\circ$ , при котором также достигается гравитационное перемещение жидкости в анtrum. Однако это положение требует подъема головного конца стола, что не всегда возможно при хирургическом доступе (нейрохирургия, операции на шее). Кроме того, формула L. Bouvet включает логарифмическое преобразование и множественные ковариаты, что затрудняет рутинный ментальный расчет.

#### 1.3.4. Интерпретация ультразвуковой картины: качественная и количественная парадигмы

Качественная оценка: семиотика желудочного содержимого. Качественная оценка базируется на визуальной идентификации типа содержимого:

«Пустой желудок» (Grade 0): анtrum уплощен, передняя и задняя стенки соприкасаются, форма «мишени» или «бычьего глаза». Многослойность стенки сохранена, просвет не визуализируется. Важно дифференцировать от артефакта реверберации от передней брюшной стенки.

Ранняя фаза пищеварения / минимальная секреция (Grade 1): анtrum расширен незначительно, стенки не расправлены полностью, жидкость появляется только при провокации положением (на правом боку). Обычно соответствует объему  $< 1,5$  мл/кг.

Поздняя фаза пищеварения / прозрачная жидкость (Grade 2): анtrum округлый, расправленный, с четкими контурами, гипозоженное содержимое визуализируется в обоих положениях. Может наблюдаться феномен «звездной

ночи» — точечные гиперэхогенные включения (микропузырьки газа), исчезающие через 5–10 минут после приема жидкости.

Твердая пища, ранняя фаза: множественные гиперэхогенные фокусы с дистальной акустической тенью, «картина матового стекла», невозможность визуализировать заднюю стенку антрума и поджелудочную железу.

Твердая пища, поздняя фаза: более гомогенное содержимое средней эхогенности, задняя стенка дифференцируется, однако внутренняя структура неоднородна [43].

Количественная оценка: математические модели. Количественная оценка предполагает расчет объема желудочного содержимого. В мировой литературе представлены две конкурирующие математические модели, прошедшие клиническую валидацию.

Модель A. Perlas (2013) [120]:

$$GV \text{ (мл)} = 27,0 + 14,6 \times CSA \text{ RLD (см}^2) - 1,28 \times \text{возраст}$$

Характеристики модели:

- метод референтного контроля: аспирация под гастроскопическим контролем;
- объем выборки для построения: 108 пациентов;
- коэффициент корреляции:  $r = 0,86$ ;
- коэффициент детерминации:  $R^2 = 0,73$ ;
- диапазон валидации: объем до 500 мл;
- ИМТ: до 40 кг/м<sup>2</sup>;
- положение: строго на правом боку.

Достоинства: простота (требуется только измерения площади и учета возраста), высокая точность, одобрена ASA.

Недостатки: обязательное положение на правом боку; модель построена на здоровых добровольцах с приемом чистой воды; не для густых жидкостей и взвесей.

Модель L. Bouvet (2011) [28]:

$$GV \text{ (мл)} = -215 + 57 \times \log CSA \text{ (мм}^2\text{)} - 0,78 \times \text{возраст} - 0,16 \times \text{рост} - 0,25 \times \text{вес} - 0,80 \times ASA + 16 \text{ (экстренный)} + 10 \text{ (ранитидин)}$$

Характеристики модели:

- метод референтного контроля: аспирация через назогастральный зонд;
- объем выборки для построения: 183 пациента;
- коэффициент корреляции:  $r = 0,72$ ;
- коэффициент детерминации:  $R^2 = 0,57$ ;
- диапазон валидации: объем до 250 мл;
- положение: полусидя  $45^\circ$ .

Достоинства: учитывает множество клинических факторов; валидирована на реальных хирургических пациентах.

Недостатки: громоздкость (логарифмирование, 7 переменных), необходимость положения полусидя  $45^\circ$ , меньшая точность ( $R^2$  0,57 против 0,73).

#### Сравнительный анализ моделей.

Прямое сравнительное исследование R. Kruisselbrink и соавт. (2016) показало, что обе модели демонстрируют приемлемую точность в диапазоне объемов 50–250 мл, однако модель A. Perlas имеет меньшее смещение и более узкие пределы согласования по Бланду-Альтману [56]. В Российской Федерации обе модели используются в научных исследованиях, однако их клиническое внедрение ограничено необходимостью специфического позиционирования пациента.

#### 1.3.5. Полуколичественная шкала A. Perlas: компромисс простоты и точности

Стремясь упростить рутинную оценку, A. Perlas (2011) предложила трехступенчатую шкалу, основанную на визуализации жидкости в антральном отделе в положениях на спине и на правом боку. Шкала получила широкое

распространение благодаря интуитивной понятности и отсутствию необходимости в вычислениях [43].

Детальная характеристика шкалы:

- степень 0: отсутствие жидкости в обоих положениях → объем 0–50 мл, низкий риск;
- степень 1: жидкость только в положении на правом боку → объем 16–120 мл, промежуточный риск;
- степень 2: жидкость в обоих положениях → объем 100–350 мл, высокий риск.

Однако и к этой шкале в последующих исследованиях возникли критические замечания. Гетерогенность степени 1. У 3–30% пациентов с антральной степенью 1 фактический объем желудка превышает 1,5 мл/кг. Это связано с тем, что шкала не учитывает диаметр антрума и толщину стенки. Два пациента со степенью 1 могут иметь объем 30 мл и 150 мл соответственно, но шкала не позволяет их дифференцировать. Зависимость от угла наклона. Чувствительность степени 2 для диагностики «полного желудка» варьирует от 12% (строго горизонтальное положение) до 71% (подъем 45°). Это означает, что одна и та же шкала, примененная у одного и того же пациента в разных положениях, дает разную прогностическую ценность. Стандартизация угла наклона в рекомендациях ASA отсутствует. Шкала не позволяет дифференцировать объем в диапазоне 0,8–1,5 мл/кг — именно в этом диапазоне решение о тактике индукции (ларингеальная маска против интубации) наиболее сложно и требует дополнительной информации. Таким образом, полуколичественная шкала пригодна для быстрого скрининга, но недостаточна для точной персонализации анестезии у пациентов с пограничными состояниями [43, 51].

### 1.3.6. Особые популяции: ожирение, беременность, педиатрия

Пациенты с ожирением.

Долгое время считалось, что УЗИ желудка у пациентов с морбидным ожирением технически невозможно из-за большой глубины залегания антрума и выраженной подкожно-жировой клетчатки. Исследование Van de Putte (2014) опровергло это мнение: при использовании низкочастотного датчика 2–5 МГц и оптимальной фокусировки антральный отдел визуализируется у 95% пациентов с ИМТ > 35 кг/м<sup>2</sup> [74, 122].

Качественная оценка у пациентов с ожирением затруднена из-за снижения соотношения сигнал/шум. Базальная площадь антрального отдела у пациентов с ожирением на 30–40% больше, чем у пациентов с нормальным ИМТ. Объем желудка натощак также увеличен (0,8–1,2 мл/кг против 0,6 мл/кг). Формула A.Perlas сохраняет точность при ИМТ до 40 кг/м<sup>2</sup>, однако при ИМТ > 45 кг/м<sup>2</sup> требуется коррекция (исследование R.Kruisselbrink и соавт., 2017) [115].

#### Беременность.

Физиологическая беременность сопровождается изменением топографии желудка: увеличенная матка смещает пилорический отдел краниально и дорсально. Это приводит к систематической ошибке при использовании стандартных анатомических ориентиров.

C. Arzola и соавт. (2018) разработала первую прогностическую модель для третьего триместра беременности [46]:  $GV \text{ (мл)} = -327,1 + 215,2 \times \log(\text{CSA RLD})$  (см<sup>2</sup>)

Коэффициент корреляции составил 0,70, что ниже, чем в моделях для небеременных. Roukhomovsky (2018) улучшил модель, включив измерения в двух положениях:  $GV \text{ (мл)} = 0,18 \times \text{CSA RLD} \text{ (мм}^2\text{)} + 0,11 \times \text{CSA} \text{ (мм}^2\text{)} - 62,4$  ( $R^2 = 0,76$ ) [117].

Однако обе модели требуют положения на правом боку, которое у доношенных беременных сопряжено с риском аортокавальной компрессии. Авторы признают, что модели требуют дальнейшей валидации и не могут быть рекомендованы для рутинного клинического использования.

Педиатрия.

У детей УЗИ желудка имеет особенности: использование высокочастотного линейного датчика (6–13 МГц); возможность визуализации антрума у 98–100% детей, включая новорожденных; необходимость индексации объема на массу тела (мл/кг), а не использования абсолютных значений.

Педиатрические модели (Schmitz, Spencer, Sander) демонстрируют более низкие коэффициенты детерминации ( $R^2 = 0,58–0,60$ ) [33, 44, 100, 112] А. Schmitz и соавт. (2016) прямо указывает, что «существующие математические модели недостаточно точны для клинического применения у детей», и рекомендует ограничиваться качественной оценкой [44]. Это создает существенный пробел в доказательной базе, поскольку именно в педиатрии, где коммуникация с пациентом затруднена, объективный метод оценки прандиального статуса наиболее востребован.

### 1.3.7. Алгоритмизация принятия решений

В 2016 году А. Perlas и Van de Putte предложили адаптированную для УЗИ желудка структуру I-AIM (Indication, Acquisition, Interpretation, Medical decision-making) [51]. Этот алгоритм представляет собой первую попытку формализовать использование сонографии в анестезиологической практике.

Indication (Показания):

- экстренные и неотложные операции с неопределенным прандиальным статусом;
- сопутствующие заболевания, влияющие на моторику (диабет с гастропарезом, почечная недостаточность, цирроз печени);
- когнитивные нарушения, языковой барьер, невозможность получения точного анамнеза;
- предполагаемая трудная интубация в сочетании с факторами риска аспирации;
- контроль эффективности декомпрессии желудка.

#### Acquisition (Получение данных):

- использование конвексного датчика 2–5 МГц, сагиттальная плоскость;
- ориентиры: левая доля печени, аорта, верхняя брыжеечная артерия;
- измерения в покое (между перистальтическими сокращениями);
- оценка в двух положениях (по возможности).

#### Interpretation (Интерпретация):

- пустой желудок / малый объем (<1,5 мл/кг) → низкий риск;
- прозрачная жидкость >1,5 мл/кг → умеренный риск;
- густая жидкость / твердая пища → высокий риск.

#### Decision-making (Медицинское решение):

- низкий риск: стандартная индукция, возможно использование ЛМ;
- умеренный риск: индивидуальное решение (интубация или ЛМ в зависимости от дополнительных факторов);
- высокий риск: быстрая последовательная индукция, интубация трахеи, отсрочка операции (если возможно).

Внедрение I-АИМ повысило клиническую значимость УЗИ желудка [51]. Ретроспективные исследования показывают, что данные сонографии изменяют тактику анестезии в 19–25% случаев, причем наиболее часто — у пациентов, считавшихся «голодными» по клиническим критериям, но имевших значительный объем содержимого по данным УЗИ (Alakkad, 2021) [77]. В исследовании S. Baettig и соавт. (2023) у 22% пациентов экстренной хирургии решение о выборе метода индукции было изменено после УЗИ желудка, причем у 7% пациентов — в сторону более агрессивной тактики (интубация вместо ЛМ), а у 15% — в сторону менее агрессивной (разрешена ЛМ у пациентов с формально недостаточным голоданием, но пустым желудком по УЗИ) [81].

### 1.3.8. Образовательный аспект: кривая обучения и барьеры внедрения

Критическим фактором, определяющим возможность широкого клинического внедрения УЗИ желудка, является длительность и доступность обучения.

Длительность обучения.

Исследование С. Arzola и соавт. (2013) продемонстрировало, что после выполнения 33 исследований под контролем опытного специалиста анестезиологи достигают 95% успешности в оценке характера желудочного содержимого [16].

Барьеры внедрения.

Несмотря на доказанную диагностическую ценность, УЗИ желудка до сих пор не стало рутинным методом. Опрос ESA (2022) показал, что только 34% европейских анестезиологов используют УЗИ желудка в практике, причем большинство — эпизодически. Основные барьеры:

- отсутствие стандартизированных протоколов обучения (62%);
- недостаток времени в операционной (48%);
- отсутствие четких клинических алгоритмов принятия решений (41%);
- сомнения в воспроизводимости результатов (37%);
- отсутствие валидированных моделей для модифицированных положений пациента (34%).

Последний барьер непосредственно связан с темой настоящего диссертационного исследования.

### 1.4. Неразрешенные проблемы и противоречия

Проведенный анализ литературы позволяет выделить несколько устойчивых противоречий, которые не нашли разрешения в существующих исследованиях и формируют актуальное поле для дальнейшей научной работы.

### Противоречие 1. Эпидемиологическое.

Литературный обзор показал, что временные критерии голодания несостоятельны у значительной части пациентов (регистр webAIRS: 64% аспираций при соблюденном голодании) [17]. Более того, у 10–15% плановых пациентов, формально считающихся «голодными», при ультразвуковом исследовании выявляется значимое количество желудочного содержимого [43]. Однако рутинное использование УЗИ желудка до сих пор не стало стандартом. Существует разрыв между доказанной диагностической ценностью метода и его реальным внедрением в клиническую практику [25].

### Противоречие 2. Методологическое.

Все существующие прогностические модели объема желудка (A. Perlas, L. Bouvet) требуют положения пациента на правом боку или полусидя  $45^\circ$  [28, 46, 120]. Обе позиции имеют принципиальные ограничения в реальной операционной:

- положение на правом боку технически сложно или невозможно у 20–30% пациентов (травма, нестабильность гемодинамики, ожирение, беременность);
- положение полусидя  $45^\circ$  несовместимо с некоторыми хирургическими доступами;
- смена положения требует дополнительного времени (в среднем 2–3 минуты).

При этом ни в одном исследовании не предпринималось попытки адаптировать формулу A. Perlas к модифицированному положению, обеспечивающему стабильность пациента на операционном столе без потери диагностической точности.

### Противоречие 3. Физиологическое.

Возраст традиционно включается в регрессионные модели как ковариата с отрицательным коэффициентом (чем старше пациент, тем меньше расчетный объем желудка при равной площади антрального отдела желудка). Однако

патофизиологическое объяснение этого феномена отсутствует. Связано ли это с истинным уменьшением объема желудочной секреции у пожилых, с изменением тонуса гладкой мускулатуры, с увеличением эластичности стенки желудка (пассивное растяжение при меньшем давлении) или с артефактом измерения — вопрос остается открытым. Ни одна из существующих работ не ставила своей целью верификацию возрастного фактора как самостоятельного предиктора.

#### Противоречие 4. Практическое (воспроизводимость).

Разработанные математические модели обладают приемлемой точностью в руках разработчиков — экспертов в ультразвуковой диагностике. Однако данные о воспроизводимости этих формул в условиях реальной клинической практики, при выполнении исследования ординарными врачами анестезиологами-реаниматологами без специальной экспертизы в лучевой диагностике, крайне ограничены. Исследование R. Tankul и соавт. (2022) показало, что при выполнении УЗИ желудка 2 анестезиологами после 2-часового тренинга межоператорская надежность (ICC) составила в зависимости от объема жидкости 0,36–0,71 [84]. Этого достаточно для качественной оценки, но недостаточно для точного количественного расчета по сложным формулам. Валидация метода в широкой клинической выборке является необходимым условием для включения УЗИ желудка в стандарты периоперационного ведения.

#### Противоречие 5. Нозологическое.

Подавляющее большинство исследований исключало пациентов с морбидным ожирением ( $\text{ИМТ} > 35\text{--}40 \text{ кг/м}^2$ ), хотя именно эта популяция демонстрирует наибольший риск аспирации и наибольшие сложности в оценке прандиального статуса. Единичные работы R. Kruisselbrink и соавт. (2017) и Van de Putte (2014) показывают принципиальную возможность использования формулы A. Perlas у пациентов с ожирением, но достаточных валидационных исследований не проведено [115, 121]. Кроме того, отсутствуют модели для пациентов с асцитом, кишечной непроходимостью, после бариатрических операций.

## Заключение по обзору литературы

Аспирация желудочного содержимого сохраняет статус «старой знакомой проблемы» в анестезиологии, демонстрируя устойчивость показателей летальности на протяжении десятилетий. Традиционные методы профилактики — голодание, фармакологическая коррекция рН и механическая декомпрессия — имеют принципиальные ограничения, поскольку либо опираются на усредненные нормативы, игнорирующие индивидуальную вариабельность, либо воздействуют на последствия, не устраняя причину, либо сами создают дополнительные риски.

Ультразвуковое исследование антрального отдела желудка представляет собой наиболее перспективный инструмент для объективной прикроватной оценки аспирационного риска. За последние 15 лет метод прошел путь от пилотных исследований до разработки валидированных математических моделей (A. Perlas, L. Bouvet) и клинических алгоритмов (I-AIM) [51]. Доказана его высокая чувствительность и специфичность в идентификации «полного желудка», показана возможность изменения тактики анестезии на основании сонографических данных.

Однако существующие модели имеют жесткую привязку к положению пациента на правом боку или полусидя  $45^\circ$ , что существенно ограничивает их применение в реальной операционной практике, особенно у экстренных, травматологических, нестабильных пациентов и беременных [28, 120]. Кроме того, недостаточно изучена роль возрастного фактора как самостоятельного предиктора объема желудка, а данные о воспроизводимости методики в руках практикующих анестезиологов носят фрагментарный характер.

Таким образом, актуальным направлением дальнейших исследований является разработка и валидация модифицированной ультразвуковой методики оценки объема желудка, сохраняющей диагностическую точность, но адаптированной к условиям операционного стола без необходимости физического поворота пациента на правый бок. Необходимо также уточнить роль возрастного фактора в регрессионной модели и оценить воспроизводимость предложенного

способа при выполнении исследования врачами анестезиологами-реаниматологами в условиях реальной клинической практики. Именно эти проблемы определили цель, дизайн и структуру настоящего диссертационного исследования.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Общая характеристика работы

Диссертационное исследование было проведено на базах Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации и Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы», город Санкт-Петербург.

Проведение диссертационного исследования одобрено независимым Этическим комитетом при Федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, протокол № 304 от 24.06.2025 г., и проходило в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации. От каждого пациента, участвующего в проспективном диссертационном исследовании, было получено добровольное информированное согласие.

Для выполнения поставленных задач диссертационное исследование было разделено на три этапа.

На первом этапе в ходе наблюдательного проспективного клинического исследования было показано, что общепринятая стратегия определения риска аспирации на основании временных интервалов голодания не позволяет полностью исключить наличие содержимого в желудке у плановых и экстренных пациентов, при чем даже у плановых пациентов с длительным периодом голодания, превышающим рекомендованные временные нормы, обнаруживался ультразвуковой признак твердой пищи в желудке.

Второй этап был посвящен разработке модифицированного протокола сканирования, позволяющий измерять поперечное сечение антрального отдела без традиционного перевода пациента в положение на правом боку. Качественная и

количественная ультразвуковая оценка антрального отдела желудка осуществляется непосредственно на операционном столе при комбинированном позиционировании: подъем головного конца на  $30^\circ$  сочетается с поворотом стола в правую сторону на тот же угол (положение 30/30).

Третий этап включал валидацию разработанной модели в двух направлениях. В ходе проспективного обсервационного исследования была проведена валидация данных ультразвуковой оценки объема желудка, рассчитанных по модифицированной формуле в положении пациента 30/30 для более безопасного положения пациента на операционном столе с приподнятым головным концом операционного стола  $15^\circ$  и поворотом на правую сторону операционного стола на  $15^\circ$  (положение 15/15), поскольку пилотное внедрение выявило ограничения исходного протокола: положение 30/30 создавало риск соскальзывания пациента, а ряд моделей операционных столов технически не обеспечивал требуемый угол наклона.

В ходе этого же этапа выполнена оценка возможности применения модифицированного способа в практическом здравоохранении, а на основе расширенной когорты пациентов с помощью проспективного обсервационного исследования была выполнена валидация модифицированного способа для повседневной деятельности.

Общий дизайн работы отображен на рисунке 3. На этапе планирования исследований расчет необходимого объема выборки проводили в программе MedCalc Software Ltd для двусторонней альтернативной гипотезы производился исходя из мощности 80%, частоты ошибки I рода 5%. Подставляя в формулу разницы значений и стандартных отклонений из ранее проведенных значений, получали минимальный объем выборки.



Рисунок 3– Общий дизайн диссертационного исследования

Всего в диссертационную работу были включены данные 465 пациентов, из них 138 пациентов приняли участие в первом этапе, 150 пациентов включено в этап разработку способа ультразвуковой оценки содержимого желудка и построения математической модели расчета жидкого содержимого; на третьем этапе выполнена валидация расчетной модели для оптимального положения пациента на операционном столе (30 пациентов) и валидация модифицированного способа для практикующих врачей (47 пациентов), и оценка его эффективности в повседневной практике (100 пациентов).

## 2.2. Методика ультразвукового исследования антрального отдела желудка

Ультразвуковое исследование проводили на портативном ультразвуковом аппарате Mindray M5 («Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronic Co. Ltd.», КНР), конвексным датчиком C5-3s (2,5—5 МГц). Исследование выполняли в эпигастральной области в положении пациента на спине, на правом боку (положение 90°), на спине, с подъемом головного конца операционного стола на 30°, наклоном на 30° на правый бок (положение 30/30) и с подъемом головного конца операционного стола на 15°, наклоном на 15° на правый бок (положение 15/15) (рисунок 4).



Рисунок 4 – Пример положения пациента на операционном столе при проведении ультразвукового исследования желудка. А – горизонтальное положение на спине.

В – положение лежа на правом боку (положение 90). С – положение пациента с подъемом головного конца операционного стола на  $15^\circ$  и наклоном на правую сторону  $15^\circ$  (положение 15/15), вид сбоку. D – положение пациента с подъемом головного конца операционного стола на  $30^\circ$  и наклоном на правую сторону  $30^\circ$  (положение 30/30), вид сбоку.

Сканирование начинали в парасагиттальной плоскости в эпигастральной области, используя левую долю печени, аорту и верхнюю брыжеечную артерию в качестве внутренних ориентиров. Как только эти анатомические ориентиры идентифицированы, датчик поворачивали по часовой стрелке или против часовой стрелки, чтобы получить наилучшее изображение поперечного сечения антрального отдела – (наименьшее возможное поперечное сечение).

Определяли 4 ультразвуковых признака [43, 74]. Признак «пустого» желудка (рисунок 5А) – при пустом желудке, его антральный отдел либо плоский, либо круглый, со спающимися (прилегающими) передней и задней стенками; в случае круглого или яйцевидного внешнего вида изображение носит название «бычий глаз» или «мишень».

Признак плотной пищи в ранней фазе пищеварения (рисунок 5В) – во время пережевывания плотной пищи в полости рта с ней перемешивается воздух и этот насыщенный воздухом пищевой комок попадет в желудок, поэтому плотную пищу в ранней фазе пищеварения в антральном отделе определяют по артефакту воздушного профиля сразу под слизистой вдоль передней стенки расширенного антрального отдела в виде области “кольцевых” воздушных артефактов закрывающих содержимое желудка, заднюю стенку антрального отдела, поджелудочную железу и аорту. Этот ультразвуковой признак называют рисунком «матового стекла». Признак плотной пищи в поздней фазе пищеварения (рисунок 5С) – спустя некоторое время воздух из пищевого комка вытесняется и определяют расширенный антральный отдел желудка с содержимым смешанной эхогенности.

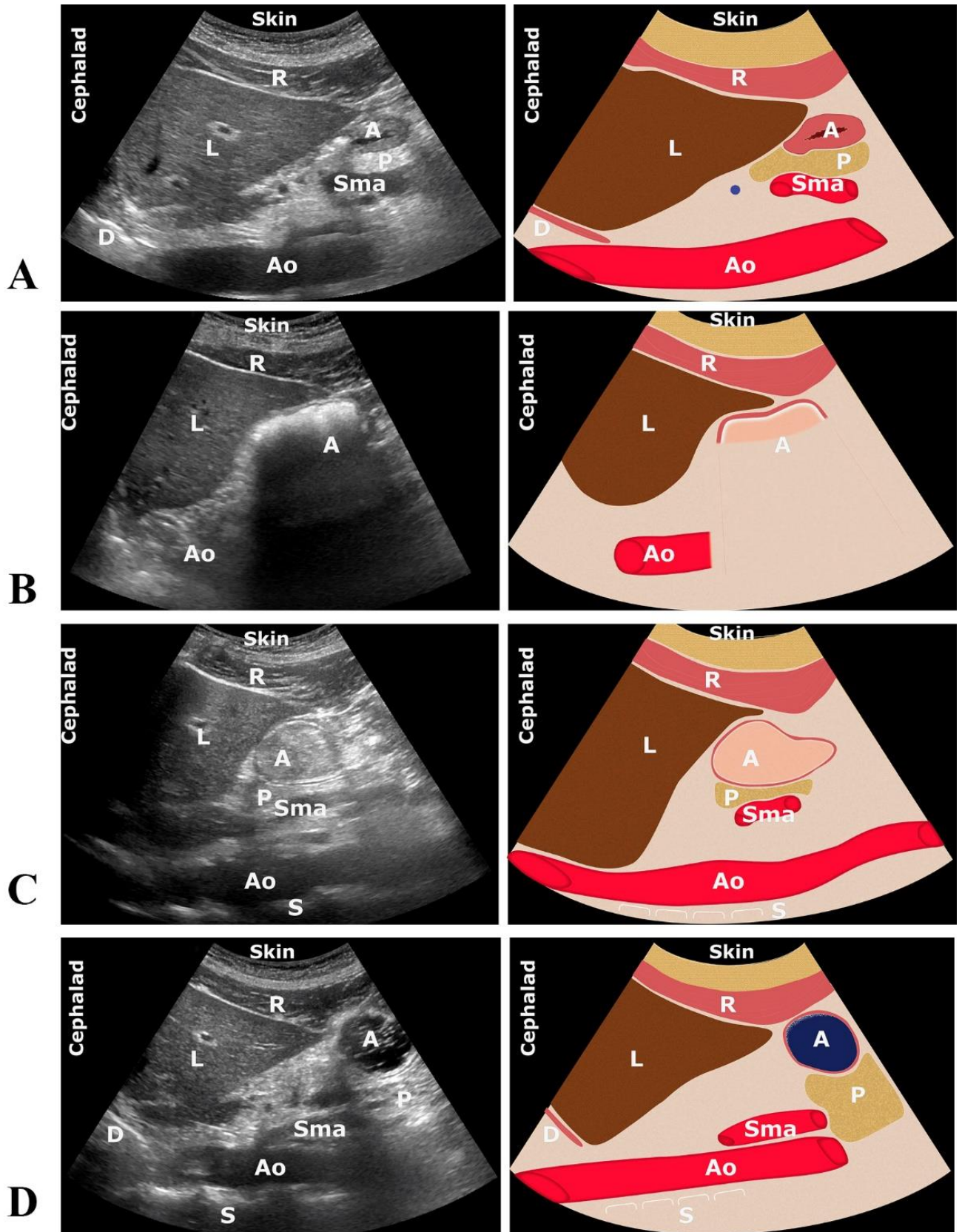


Рисунок 5 – Ультразвуковая картина и схема ориентиров основных ультразвуковых признаков. А – ультразвуковой признак пустого желудка. В – ультразвуковой признак плотной пищи в ранней фазе пищеварения. С –

ультразвуковой признак плотной пищи в поздней фазе пищеварения. D – ультразвуковой признак прозрачной жидкости. А - антрум; Ао - аорта; D - ультразвуковой признак «звездной ночи»). Диафрагма; L - печень; Р - поджелудочная железа; R - мышца rectus abdominis; Sma - верхняя брыжеечная артерия [43, 74]

Признак прозрачной жидкости (рисунок 5D) – прозрачные жидкости (например, вода, чай, яблочный сок, черный кофе) кажутся анэхогенными или гипоэхогенными. По мере увеличения объема антральный отдел становится круглым и расширяется, а сразу после приема жидкости в ней еще есть пузырьки газа, которые визуализируют как небольшие точечные гиперэхогенные включения, которые исчезают в течение нескольких минут после приема (признак «звездной ночи»).

После обнаружения признака прозрачной жидкости в антральном отделе измеряли площадь его поперечного сечения методом свободной трассировки от серозной оболочки до серозной, включая всю толщину стенки желудка, в состоянии покоя (между перистальтическими сокращениями) (рисунок 6).

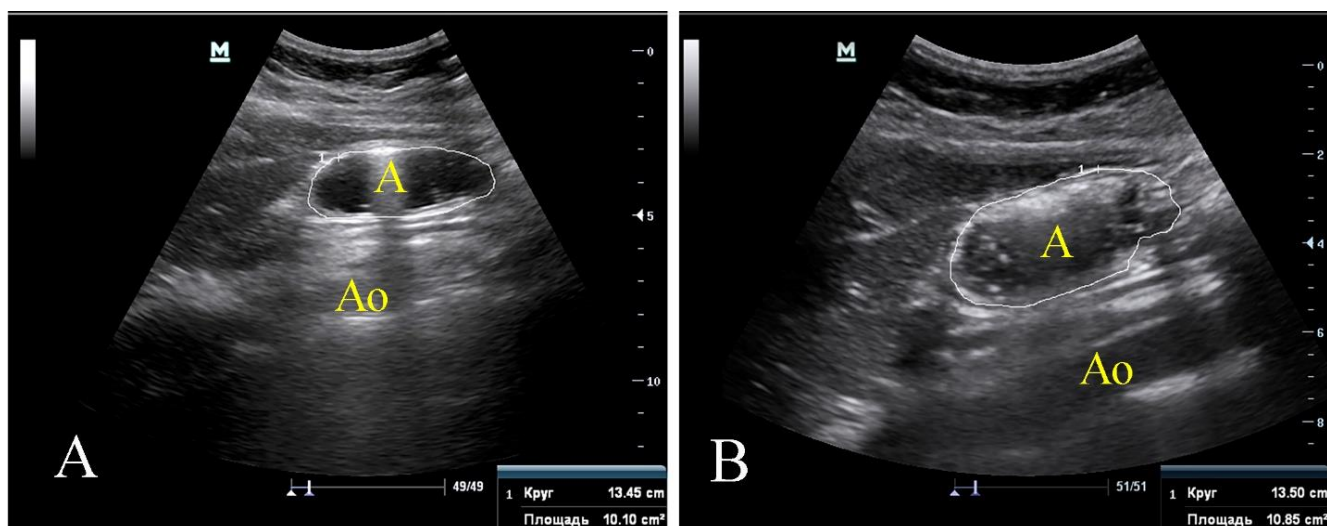


Рисунок 6 – Пример свободной трассировки антрального отдела желудка. А – прозрачное содержимое. В – прозрачное содержимое с гиперэхогенными

включениями (признак «звездной ночи»). А – антральный отдел желудка, А<sub>0</sub> –  
Аорта

На каждом этапе измерения методом свободной трассировки мы получали два числовых значения — «круг» (длина окружности) в см и «площадь» в см<sup>2</sup>. Числовое значение «площадь» рассчитывалось автоматически программным обеспечением ультразвукового аппарата и соответствовало площади поперечного сечения (ППС) антрального отдела желудка. Полученные значения использовали для формул расчетов объема желудка.

### 2.3 Ультразвуковая оценка содержимого антрального отдела желудка перед операцией у плановых и экстренных пациентов: наблюдательное клиническое исследование

Исследование наличия содержимого в желудке перед операцией у плановых и экстренных пациентов выполнено на базе СПб ГБУЗ «Елизаветинская больница» в дизайне наблюдательного проспективного клинического исследования.

Критериями включения были: получение информированного добровольного согласия, возраст пациентов 18–75 лет; предстоящая общая анестезия с интубацией трахеи и искусственной вентиляцией легких у пациентов, оперируемых в плановом и экстренном порядке на органах брюшной полости и гинекологические вмешательства.

Критериями невключения: наличие послеоперационного рубца на брюшной стенке по срединной линии; фоновые специфические заболевания (туберкулез, саркоидоз).

Критерием исключения стало невозможность визуализации антрального отдела желудка и отказ пациента от исследования.

В исследование было включено 138 пациентов. Все пациенты были разделены на 2 группы. В 1 группу (экстренные) были включены 64 пациента, оперируемые по экстренным показаниям, во вторую (плановые) – 74 пациента, оперируемые в плановом порядке (рисунок 7).

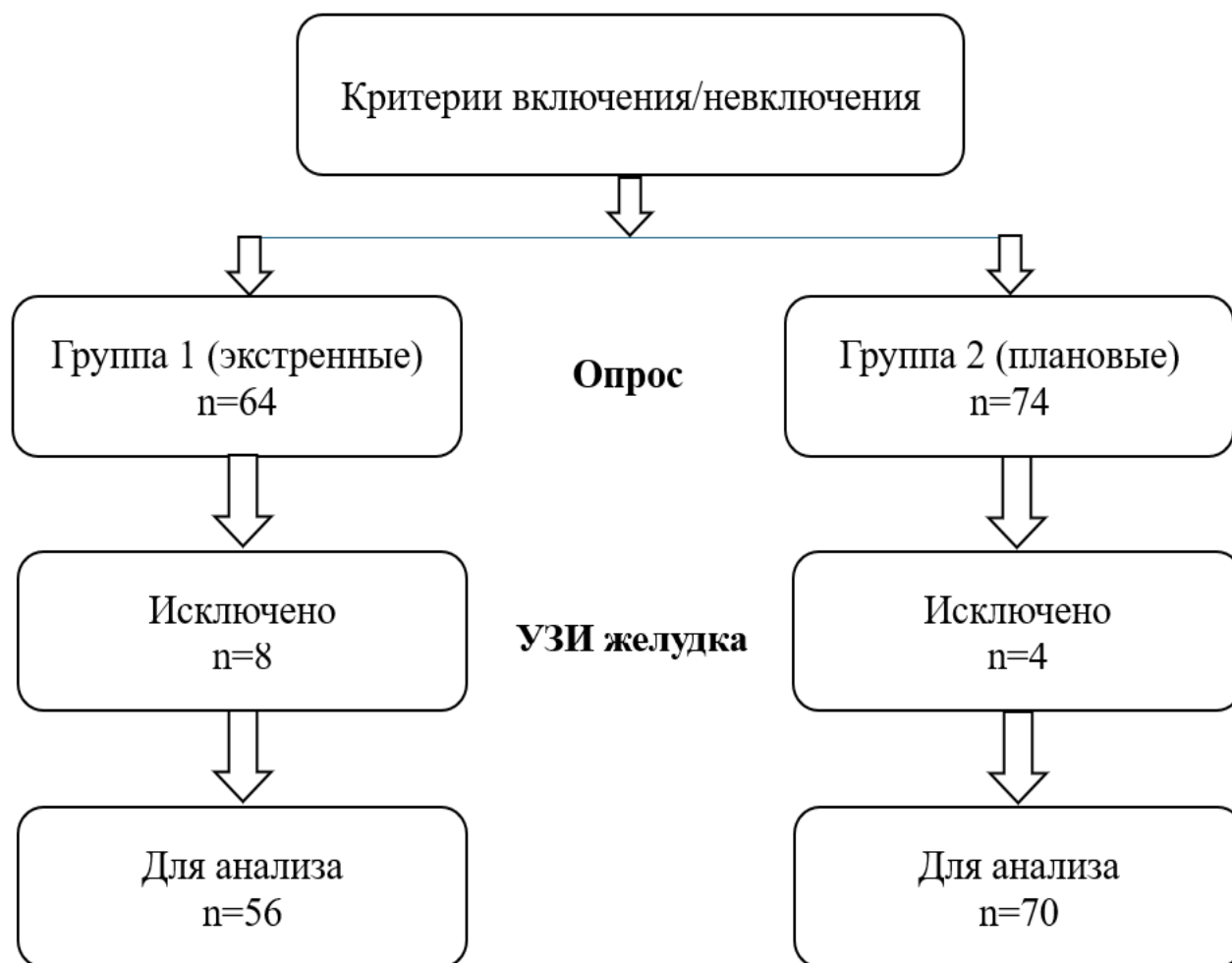


Рисунок 7 – Дизайн исследования наличия содержимого в желудке перед операцией

Всех пациентов опрашивали о сроках последнего приема пищи и характере пищи (плотная, жидкость). Пациентам во 2 группе при плановом осмотре анестезиологом-реаниматологом рекомендовали не принимать твёрдую пищу с вечера накануне операции, а лёгкую пищу за 6 часов перед введением в анестезию; прием чистой жидкости прекращали за 2 часа до анестезии (к чистым

жидкостям относили неструктурные жидкости без содержания жира: например, вода, прозрачный фруктовый сок, чай или кофе).

В связи с невозможностью визуализации антрального отдела желудка в первой группе было исключено 8 пациентов, во второй 4 пациента.

#### 2.4. Разработка формулы ультразвуковой оценки объема желудка: проспективное наблюдательное исследование

Разработку формулы выполнили в формате проспективного observationalного исследования, которое было проведено в соответствии с требованиями обновленного руководства по представлению моделей клинического прогнозирования, использующих регрессию или методы машинного обучения (TRIPOD+AI (Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis)) [107].

Исследование было проведено на базе Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы».

Научной гипотезой исследования стало предположение возможности модификации формулы расчета объема желудка на основе регрессионного анализа у пациентов на операционном столе в положении с подъемом головного конца в  $30^\circ$  и наклоне на правую сторону  $30^\circ$  (положение 30/30) по сравнению с положением на правом боку.

Критериями включения были: возраст 18 лет и старше, классификация физического состояния по шкале ASA от I до II, индекс массы тела менее  $35 \text{ кг/м}^2$ , подписанное информированное согласие. Критериями невключения были беременность, диабет, а также операции на верхних отделах желудочно-кишечного тракта в анамнезе или хирургические вмешательства на пищеводе или в верхней части брюшной полости. Критерий исключения — наличие ультразвукового признака плотной пищи или жидкости при начальном

сканировании, невозможность визуализации антрального отдела желудка. Алгоритм клинического исследования представлена на рисунке 8.

Ультразвуковое исследование проводил специалист врач-анестезиолог-реаниматолог, владеющий методикой УЗИ антрального отдела желудка. Сначала выполняли ультразвуковое сканирование в горизонтальном положении на спине на операционном столе. После определения ультразвукового признака пустого желудка, исследуемый в положении сидя выпивал 200 мл чистой воды комнатной температуры. Далее пациента укладывали в положение 30/30 и измеряли площадь поперечного сечения (ППС) антрального отдела желудка. Далее операционный стол приводили в горизонтальное положение, а исследуемый занимал позицию лежа на правом боку (положение 90), ему измеряли ППС, и получали второй набор данных.

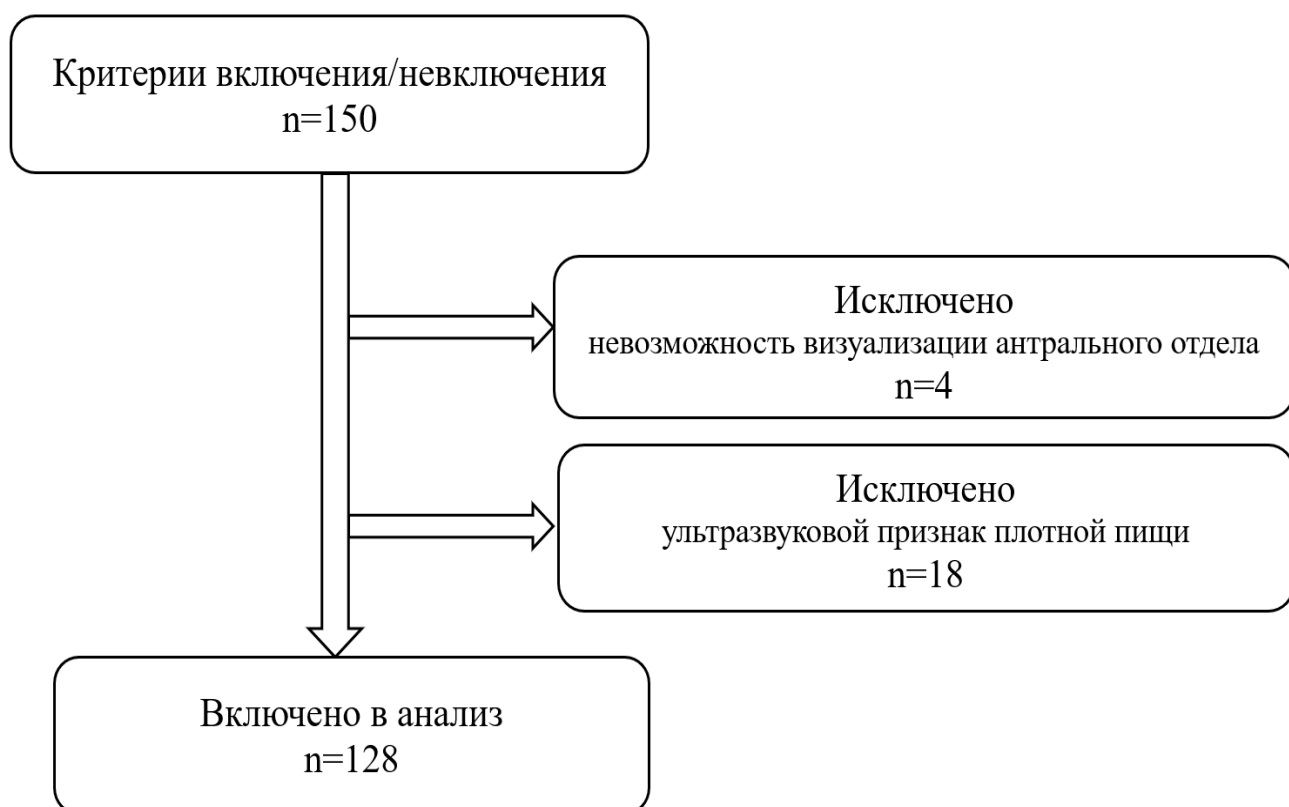


Рисунок 8 – Алгоритм отбора пациентов для разработки формулы ультразвуковой оценки объема желудка

## 2.5. Валидация формулы расчета объема желудка в модифицированном положении 15°/15°

Проверку работоспособности предлагаемой формулы расчета для положения 15/15 выполняли в формате проспективного обсервационного исследования, которое было проведено на базе Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы».

Критериями включения были возраст 18 лет и старше, классификация физического состояния по шкале Американского общества анестезиологов от I до II, индекс массы тела менее 35 кг/м<sup>2</sup>, а также способность понимать протокол исследования и давать информированное согласие.

Критериями невключения были беременность, диабет, а также операции на верхних отделах желудочно-кишечного тракта в анамнезе или хирургические вмешательства на пищеводе или в верхней части брюшной полости.

Критериями исключения стали наличие ультразвукового признака плотной пищи или жидкости при начальном сканировании, невозможность визуализации антрального отдела желудка.

Все измерения выполнялись утром в операционной после предписанного голодания не менее 8 часов. Протокол состоял из последовательных этапов:

Базовое сканирование: УЗИ антрального отдела желудка в положении лежа на спине. Визуализация проводилась в парасагиттальной плоскости с использованием левой доли печени, аорты и верхней брыжеечной артерии в качестве анатомических ориентиров.

Тестовая нагрузка: при обнаружении картины «пустого» желудка пациент в положении сидя принимал 200 мл прозрачного яблочного сока комнатной температуры.

Серия измерений в различных позициях: после приема жидкости пациент возвращался на операционный стол, где проводилась серия УЗ-измерений в трех стандартизированных положениях:

- положение 15/15: подъем головного конца стола на 15° с одновременным поворотом на правый бок на 15°;
- положение 30/30: подъем головного конца на 30° с поворотом на правый бок на 30°;
- положение на правом боку: строго латеральное положение.

На каждом этапе с помощью метода свободной трассировки (free-trace) в состоянии покоя между перистальтическими волнами измерялась площадь поперечного сечения (ППС) антрального отдела. Ультразвуковой аппарат автоматически рассчитывал два ключевых параметра: длину контура («окружность», см) и площадь (см<sup>2</sup>) поперечного сечения.

Расчет объема желудочного содержимого выполнялся по специализированным формулам, адаптированным для конкретных положений тела:

В положениях 15/15 и 30/30 применяли формулу:

$$\text{Объем (мл)} = 110,29 + 21,874 \times \text{ППС (см}^2\text{)} - 1,605 \times \text{Возраст (лет)} - 1,148 \times \text{Вес (кг)}.$$

В положении на правом боку использовали формулу [120]:

$$\text{Объем (мл)} = 27,0 + 14,6 \times \text{ППС (см}^2\text{)} - 1,28 \times \text{Возраст (лет)},$$

(где Объем – объем желудочного содержимого; ППС – площадь поперечного сечения антрального отдела желудка; Возраст – возраст в годах; Вес – масса тела в кг).

Основной фокус исследования был направлен на оценку точности и клинической применимости предложенной формулы для расчета объема содержимого желудка в новом положении 15/15, сравнивая результаты с расчетами для устоявшихся положений (30/30 и 90).

## 2.6. Валидация модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка

После подтверждения эквивалентности ультразвуковых измерений в положениях 30/30 и 15/15 следующим логическим этапом исследования стала оценка воспроизводимости разработанной методики в условиях реальной клинической практики при выполнении исследования врачами анестезиологами-реаниматологами, не имевшими специальной подготовки в области ультразвуковой диагностики желудка. Данный этап представлялся критически важным, поскольку именно воспроизводимость метода в руках широкого круга практикующих врачей определяет возможность его массового внедрения и реальное влияние на безопасность пациентов. Валидацию модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка проводили в два этапа: сначала проведена оценка межоператорской воспроизводимости (n=47), затем исследуемая когорта пациентов была расширена за счет ультразвукового скрининга желудка плановых и экстренных пациентов в реальной клинической практике (n=100).

Валидацию межоператорской воспроизводимости модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка в положении 15/15 проводили путем сравнения расчетных объемов, полученных разработчиками формулы и практикующими врачами-анестезиологами-реаниматологами.

Проспективное обсервационное исследование было проведено на базе клиники военной анестезиологии и реаниматологии Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации и Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы».

Критериями включения были возраст 18 лет и старше, классификация физического состояния по шкале Американского общества анестезиологов от I до II, индекс массы тела менее 35 кг/м<sup>2</sup>, а также способность понимать протокол исследования и давать информированное согласие.

Критериями невключения были беременность, диабет, а также операции на верхних отделах желудочно-кишечного тракта в анамнезе или хирургические вмешательства на пищеводе или в верхней части брюшной полости.

Критериями исключения – наличие ультразвукового признака плотной пищи, невозможность визуализации антрального отдела желудка. Исследование проводили в операционной в утренние часы, период голодания составлял не менее 8 часов

Валидацию формулы ультразвукового определения объема желудка проводили 16 врачей-анестезиологов-реаниматологов, работающих в операционной (группа 1 (валидации)), контроль данных осуществляли 2 специалиста, участвовавшими в разработке формулы ультразвуковой оценки объема желудка (группа 2 (контроль)).

Ультразвуковое исследование на портативном ультразвуковом аппарате Mindray 7 («Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronic Co. Ltd.», КНР), конвексным датчиком C5-3s (2,5—5 МГц) сначала проводил врач-анестезиолог-реаниматолог, ознакомленный с методикой УЗИ антрального отдела желудка, затем исследование выполнял исследователь, участвовавший в разработке формулы.

В положении 15/15 расчет объема желудка проводили по формуле:

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

(где Объем – объем желудочного содержимого в положении 30/30; ППС – площадь поперечного сечения антрального отдела желудка; Возраст – возраст в годах; Вес – масса тела в кг).

После подтверждения воспроизводимости методики при сравнении экспертов и практикующих врачей на ограниченной выборке (n=47) следующим шагом стало проспективное наблюдательное исследование, в котором оценивалась эффективность ультразвукового скрининга желудка в реальной клинической практике при выполнении исследований теми же практикующими врачами анестезиологами-реаниматологами, прошедшими краткосрочное обучение.

В данное проспективное исследование было включено 100 пациентов, поступавших для выполнения плановых и экстренных хирургических вмешательств.

Исследование выполнялось в условиях реальной работы операционного блока: врачи анестезиологи-реаниматологи (те же 16 специалистов, что и на предыдущем этапе) проводили ультразвуковую оценку желудка всем пациентам непосредственно перед индукцией анестезии, не имея возможности консультации с экспертами-разработчиками.

Демографическая и клиническая характеристика расширенной когорты представлена в таблице 3.

Расширенная когорта включала пациентов с различным физическим статусом и соотношением плановых и экстренных вмешательств, что соответствовало реальной структуре хирургического стационара.

Таблица 3 – Основные характеристики пациентов расширенной когорты (n=100)

Показатель	Значение
Возраст, лет	44,3 ± 15,7
Пол (мужчины), n (%)	58 (58,0%)
Пол (женщины), n (%)	42 (42,0%)
Рост, см	170 [163; 178]
Масса тела, кг	76,8 ± 15,2
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	28,5 ± 5,1
Плановые вмешательства, n (%)	72 (72,0%)
Экстренные вмешательства, n (%)	28 (28,0%)
ASA I, n (%)	24 (24,0%)
ASA II, n (%)	51 (51,0%)
ASA III, n (%)	25 (25,0%)

## 2.7. Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводили с помощью программы SPSS-27 для Windows (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc. Chicago IL, USA). При нормальном распределении данные были представлены средним значением и стандартным отклонением  $M (\pm SD)$ ; описание количественных данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, представляли в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей —  $Me (Q1;Q3)$ , либо средним значением с 95% доверительным интервалом —  $M (ДИ 95\%)$ . Был проведен анализ для описания и обобщения распределений переменных. Описание частот в исследуемой выборке представлено с обязательным указанием на приводимую характеристику выборки ( $n (\%)$ ), либо  $n (ДИ 95\%)$ . Для попарного сравнения групп была использована поправка Монте-Карло. Уровень значимости статистических различий был принят при  $p < 0,05$ .

При разработке формулы, основываясь на результатах исследования А. Perlas [43, 119, 120, 122], мы подсчитали, что для воспроизведения корреляции  $r = 0,825$  со значимым F-тестом (при  $p \leq 0,05$ ) и мощностью 80%, а также с учётом большей ожидаемой изменчивости при проведении независимых измерений разных объёмов у разных людей, потребуется выборка из 16 участников. Так как планировалось сравнить данные, полученные в горизонтальном положении и положении 30/30, выполнен расчет размера выборки (мощность 80%;  $\alpha = 0,05$ ), который показал размер выборки 50 исследуемых. Чтобы повысить точность прогнозирования модели, с учетом возможных исключений из исследования, мы увеличили размер выборки до 150 пациентов.

Для расчета формулы был проведён регрессионный анализ пошаговым включением предикторов. Выбор предикторов был обусловлен критериями отбора данных предыдущих исследований [43, 74, 110, 111, 119, 120, 122] и включил возраст, массу тела, рост, индекс массы тела (ИМТ), длину окружности талии и ППС антрального отдела желудка. Поскольку известно, что прозрачная жидкость после воздержания от приема пищи и жидкости может

быстро эвакуироваться в двенадцатиперстную кишку, в разрабатываемой формуле зависимой переменной был выбран объем содержимого желудка, рассчитанный по формуле A. Perlas [120] в положении на правом боку. Была применена процедура ручного выбора модели, в которой была выбрана модель с наибольшим скорректированным показателем  $R^2$  среди всех моделей с только значимыми ковариатами ( $p < 0,01$ ). Устойчивость модели проводили с помощью диагностики коллинеарности по значениям допуска и коэффициента инфляции дисперсии (Variance Inflation Factor (VIF)). Оценка полученной регрессионной модели проводилась на основе нормального вероятностного графика остатков и по диаграмме рассеяния стандартизированного предсказанного значения и стандартизированного остатка.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 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 4.

Таблица 4 – 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 ( $p = 0,063$ ) (таблица 5). Статистически значимых различий в сроках приема жидкости или твердой пищи между самой плановой и экстренной когортами также не обнаружено ( $p=0,632$  и  $p=0,487$  соответственно).

Из 138 пациентов, включенных в исследование, визуализация антрального отдела желудка при УЗИ оказалась невозможной в ряде случаев. Основными препятствиями стали пневматизация кишечника и развитие абдоминального

компаратмент-синдрома, особенно у экстренных больных. Вероятно, последний фактор объясняет более высокую частоту затруднений при УЗИ-исследовании в этой группе. По этой причине из анализа были исключены 8 (12,5%) экстренных и 4 (5,4%) плановых пациента ( $p=0,025$ ), что подтверждает большую распространенность проблемы визуализации при неотложных состояниях.

Таблица 5 – Сроки последнего приема пищи и жидкости

Показатель	Экстренные пациенты		Плановые пациенты	
	Жидкость	Плотная пища	Жидкость	Плотная пища
Me (Q1;Q3)(часы)	8 (5;12)	11 (6;12)	8 (6,75;10)	9 (8;12)
Критерий U Манна-Уитни, p*	U = 1326,5 <b>p = 0,025</b>		U = 1678,5 p = 0,063	

\* Сравнение между сроками приема плотной пищи и жидкости внутри групп

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) ( $p=0,016$ ) (таблица 6).

Таблица 6 – 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))	<b>p=0,016</b>
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

Примечательно, что 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. Хотя ультразвуковые признаки ранней и поздней фаз пищеварения чаще наблюдались у экстренных пациентов, статистически значимых межгрупповых отличий по этим параметрам не установлено. Прозрачная жидкость в желудке была обнаружена лишь у 3 пациентов экстренной группы (таблица 6).

### 3.2. Разработка формулы ультразвуковой оценки объема желудка в положении 30/30: проспективное наблюдательное исследование

В проспективное обсервационное исследование была включена первоначальная выборка из 150 пациентов. Однако при проведении базового ультразвукового обследования у части испытуемых были выявлены факторы, препятствующие корректной оценке. У 4 пациентов (2,7%) антральный отдел желудка не поддавался визуализации из-за выраженных газовых артефактов, которые также затрудняли четкое определение сосудистых структур и контуров желудка. Кроме того, у 18 человек (12%), несмотря на соблюдение предписанного 8-часового голодного периода, при УЗИ было обнаружено наличие плотного желудочного содержимого. Все указанные случаи (суммарно 22 пациента) были исключены из дальнейшего анализа. Таким образом, группа для статистической обработки составила 128 человек. Их демографические и антропометрические характеристики (возраст, пол, масса, рост, индекс массы тела) систематизированы в таблице 7. Когорта включала лиц различных возрастных категорий в диапазоне от 19 до 82 лет. Пациенты с морбидным ожирением в исследование не включались, максимальное значение ИМТ достигало 33,82 кг/м<sup>2</sup>.

Исходное ультразвуковое сканирование, выполненное в положении лежа на спине после 8-часового голодания, выявило, что антральный отдел желудка имеет уплощенную или округлую форму (рисунок 9А). В большинстве случаев

удавалось дифференцировать слои желудочной стенки: гиперэхогенную внутреннюю слизистую оболочку, гипоэхогенный комплекс слизистой и мышечной пластинки, гиперэхогенную подслизистую основу, гипоэхогенную мышечную и гиперэхогенную серозную оболочки.

Таблица 7 – 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 <sup>2</sup> , Me (Q1;Q3),		21,32 (18,6; 23,96)
Положение 90 Me (Q1;Q3),	Круг, см	8,3 (6,8; 16,15)
	Площадь, см <sup>2</sup>	4,28 (2,9; 14,25)
Положение 30/30 Me (Q1;Q3),	Круг, см	8,23 (6,43; 12,2)
	Площадь, см <sup>2</sup>	4,3 (2,7; 8,87)

После приема стандартного объема (200 мл) воды отмечалась трансформация антрального отдела: он растягивался, приобретая более округлые очертания, а в его просвете визуализировалась гипоэхогенная жидкость. Визуализация улучшалась, когда пациенты из положения лёжа на спине поворачивались в положение лёжа на правом боку или в положение 30/30, так как жидкость перемещалась по гравитационному принципу, расширяя акустическое окно и делая более качественной детализацию структур (рисунок 9В).

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.

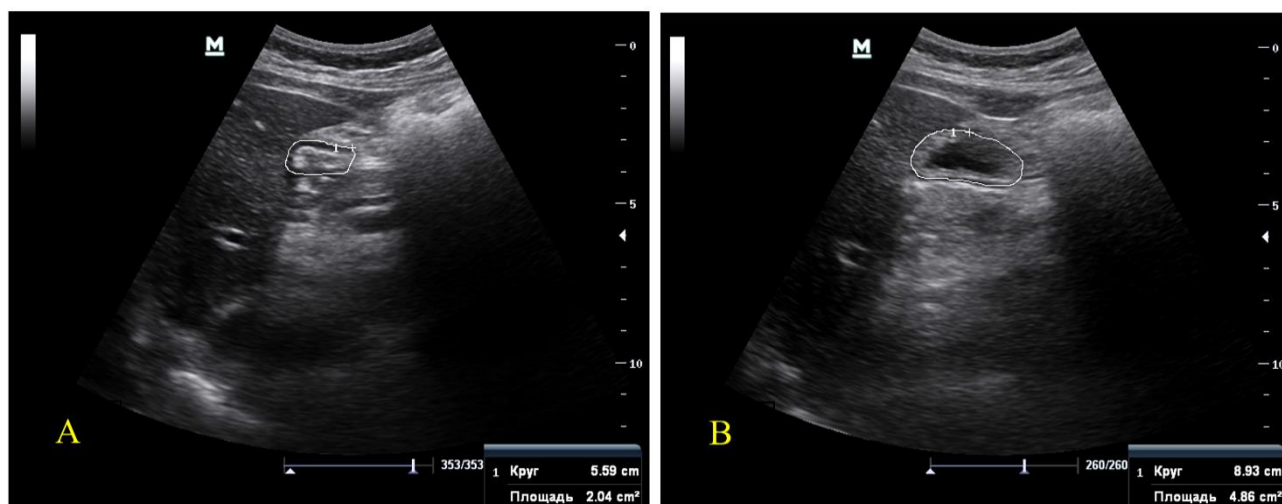


Рисунок 9 – Ультразвуковые изображения признаков пустого желудка (А) и желудка после приема 200 мл прозрачной жидкости (В)

Первоначальный корреляционный анализ (по Пирсону) выявил статистически значимые связи расчетного объема желудка с частью предикторов: сильную прямую корреляцию с параметрами «круг» и «площадь», умеренную обратную связь с возрастом и слабую прямую связь с массой тела. Остальные переменные значимой ассоциации не показали (таблица 8).

Таблица 8 – Показатели корреляции предикторов регрессионной модели

Показатель	Возраст	Рост	Масса тела	ИМТ	«круг»	«площадь»
Коэффициент корреляции	-0,319	-0,051	0,182	0,114	0,868	0,901
Значимость, р	<0,001	0,284	0,021	0,100	<0,001	<0,001

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 9. 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.

Таблица 9 – Показатели регрессионной модели

Значение показателя		Значение	Значимость, p
Скорректированный R <sup>2</sup>		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

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 (см<sup>2</sup>);

Возраст — возраст пациента (лет);

Масса тела — масса тела пациента (кг).

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

Оценка построенной модели подтвердила ее адекватность. График нормального распределения остатков (рисунок 10) свидетельствует о близости их распределения к нормальному закону.

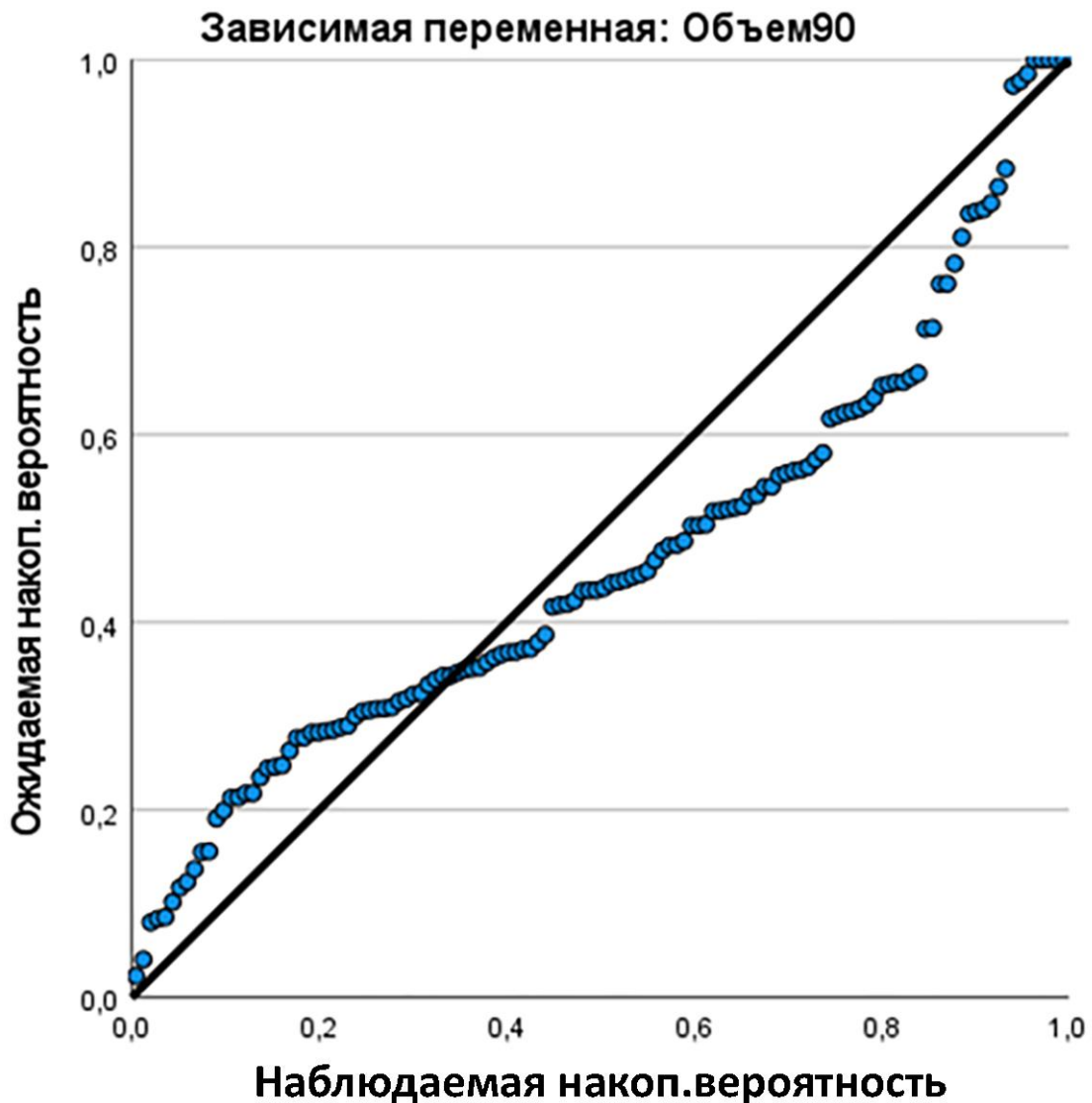


Рисунок 10 – Нормальный P-P график стандартизованных остатков демонстрирует, что распределение остатков достаточно хорошо аппроксимируется нормальным распределением

Диаграмма рассеяния стандартизованных остатков от стандартизованных предсказанных значений (рисунок 11) демонстрирует гомоскедастичность, то есть однородность и постоянство дисперсии случайных ошибок модели.

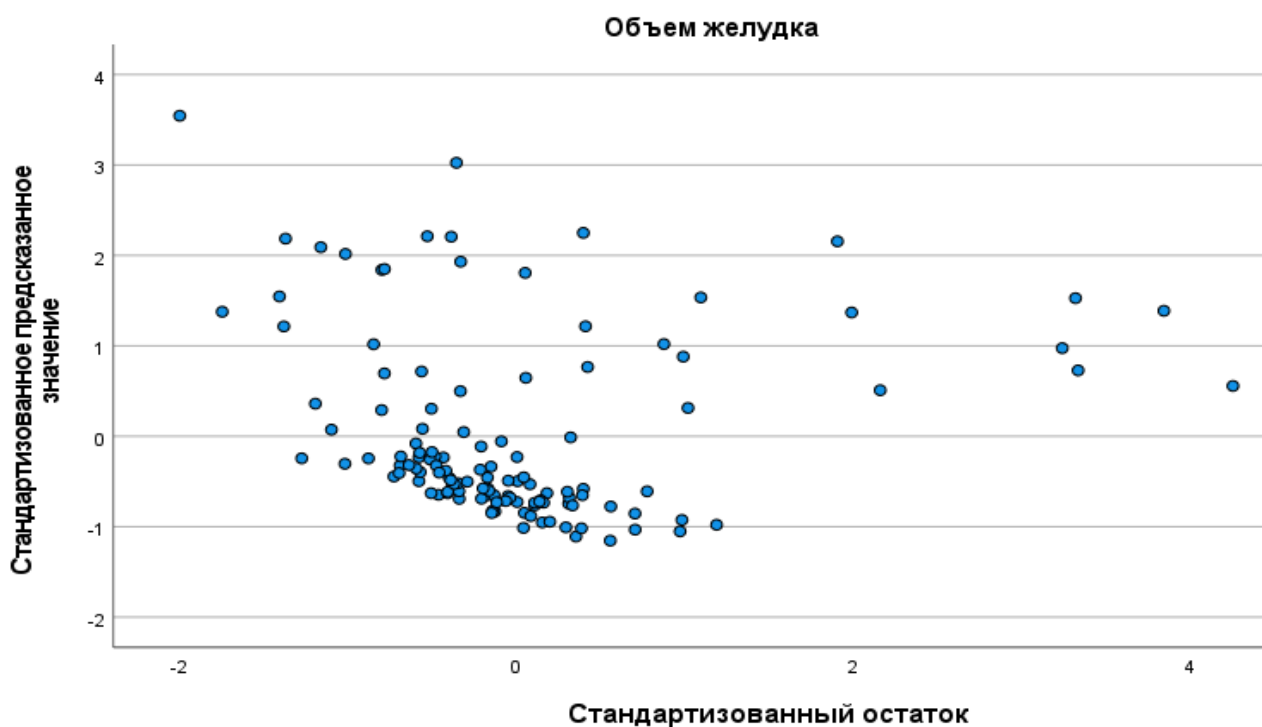


Рисунок 11 – Диаграмма рассеяния стандартизованного предсказанного значения и стандартизованного остатка показывает гомогенность дисперсии случайной ошибки

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 с межквартильным размахом от 16,87 мл до 193,43 мл. Можно отметить некоторую тенденцию к более высоким значениям, рассчитанным по новой формуле, что особенно заметно при анализе верхних квартилей распределения.

При анализе полученных данных было установлено, что медианные значения расчетного объема желудочного содержимого, несмотря на идентичный объем принятой жидкости (200 мл), демонстрировали определенные количественные различия в зависимости от используемой математической модели. Медианный объем (с указанием межквартильного размаха), рассчитанный по формуле А. Perlas для положения на правом боку, составил 42,02 мл (14,39; 185,39), а по новой формуле для положения 30/30 — 58,66 мл (16,87; 193,43).

Статистически значимых различий между этими значениями выявлено не было ( $p=0,451$ ), что иллюстрируется на рисунке 12.

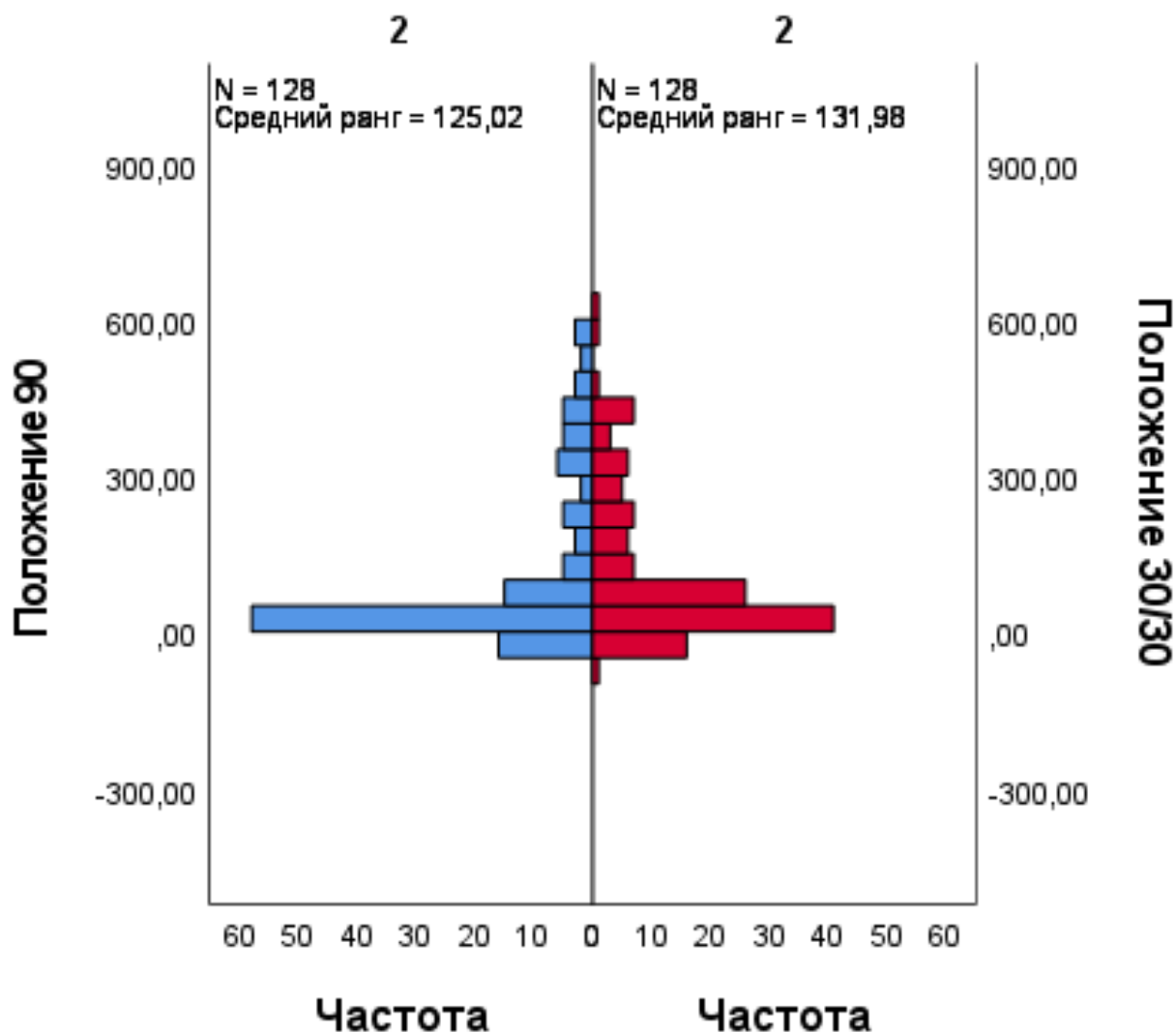


Рисунок 12 – U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок показывает скошенность выборки и равномерность распределения рангов

### 3.3. Валидация формулы расчета объема желудка в модифицированном положении $15^\circ/15^\circ$

Несмотря на то, что способ ультразвуковой оценки объема желудка в положении  $30^\circ/30^\circ$  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  $39,2 \pm 14,5$  лет, рост  $170,1 \pm 7,5$  см и масса тела  $65,3 \pm 7,8$  кг. При исходном ультразвуковом сканировании в положении лежа на спине антральный отдел желудка визуализировался в уплощенной или округлой форме. Стандартно идентифицировались пять чередующихся слоев желудочной стенки: эхогенная слизистая оболочка, гипоехогенная слизисто-мышечная пластинка, эхогенная подслизистая основа, гипоехогенная мышечная оболочка и эхогенная серозная оболочка.

На этапе скрининга двое участников были исключены из дальнейшего анализа. В первом случае, несмотря на соблюдение более чем 8-часового голодания, был выявлен ультразвуковой признак плотной пищи в поздней стадии переваривания. Во втором случае выраженные газовые артефакты полностью препятствовали четкой визуализации сосудистых структур и границ желудка, делая оценку антрального отдела невыполнимой. Таким образом, итоговая когорта для анализа составила 28 человек (12 мужчин и 16 женщин), полностью соответствовавших протоколу исследования.

После стандартной нагрузки 200 мл яблочного сока и последовательной смены положения тела отмечалась характерная динамика: антральный отдел подвергался дистракции, приобретая более округлые очертания, с четкой визуализацией подвижной гипоехогенной жидкости, смещавшейся по гравитационному вектору.

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), что отражено в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели антрального отдела желудка на различных этапах исследования (Me (Q1; Q3))

Показатель	Положение 15/15	Положение 30/30	Положение 90	p (критерий Фридмана)
Окружность, см	11,56 (10,22; 13,71)	11,06 (10,03; 12,64)	11,21 (10,16; 12,81)	0,407
Площадь, см <sup>2</sup>	8,41 (6,16; 9,22)	7,75 (7,02; 10,15)	7,83 (6,5; 9,46)	0,312
Объем, мл	162,01 (94,53; 205,20)	159,71 (113,04; 186,94)	160,59 (103,92; 192,23)	0,407

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 13).

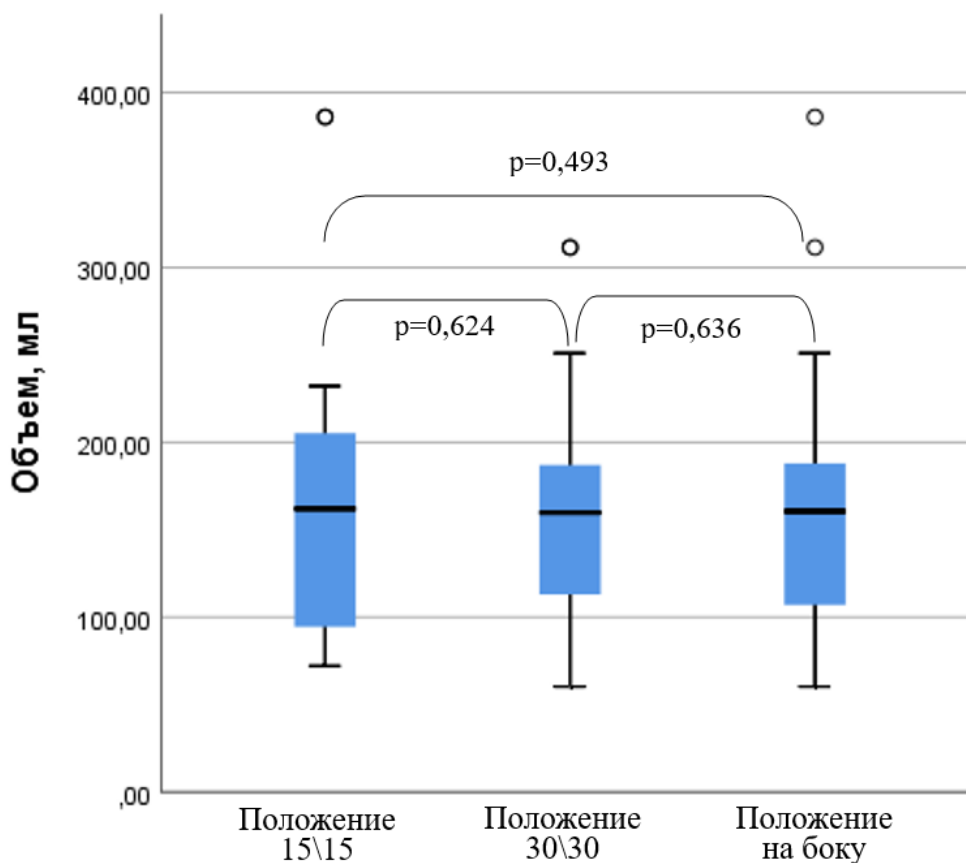


Рисунок 13 – Рассчитанный объем желудка

### 3.4. Валидация модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка

Проведенное исследование демонстрирует, что формула расчета объема желудка в модифицированном положении, обеспечивающим стабильное положение пациента на столе, дает сопоставимые результаты для оценки риска аспирации при индукции анестезии не только в позициях 15/15 и 30/30, но и сохраняет статистическую эквивалентность с расчетами по классической формуле A. Perlas в положении на правом боку.

#### 3.4.1 Результаты межоператорской воспроизводимости модифицированного способа ультразвуковой оценки объема желудка в положении 15/15

В проспективное исследование было включено 47 пациентов, их характеристика представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Основные характеристики пациентов.

Показатель	Значение
Возраст, лет	42,1±12,3
Пол (муж.), %	64,0%
Рост, см	172 [162; 181]
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	29,0±4,2
ЧСС, уд/мин	83,0±8,0
Среднее АД, мм.рт.ст.	78,7±12,0
ASA, балл	2 [1; 2]

Следует отметить, что были включены пациенты разных возрастных групп, минимальный возраст составил 19, максимальный 72 года. Один исследуемый был исключен из исследования из-за того, что при начальном ультразвуковом

сканировании в антральном отделе желудка был обнаружен признак твердой пищи в поздней стадии переваривания, несмотря на более чем 10-часовой период голодания. Еще один исследуемый был исключен из исследования из-за значительного количества воздуха в желудке, что мешало правильной оценке антрального отдела. У 12 пациентов был выявлен признак пустого желудка, остальные 33 пациента (16 мужчин, 17 женщин) были включены в оценку объема содержимого желудка.

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) (таблица 12).

Таблица 12 – Показатели УЗИ желудка

Характеристики пациентов	Группа 1	Группа 2	Значение р
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 <sup>2</sup>	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

При исходном сканировании в положении 15/15 антральный отдел пустого желудка (n=12) выглядел плоским или имел округлую форму. Как правило были видны слои стенки желудка: внутренняя слизистая оболочка (эхогенная), слизистая оболочка с мышечным слоем (гипоэхогенная), подслизистая оболочка (эхогенная), мышечная оболочка (гипоэхогенная) и серозная оболочка (эхогенная). При наличии жидкости (последний прием прозрачной жидкости 2 и

более часов назад) (n=33) антральный отдел желудка растягивался и становился более округлым, при этом хорошо заметна гипоэхогенное содержимое (рисунок 14).

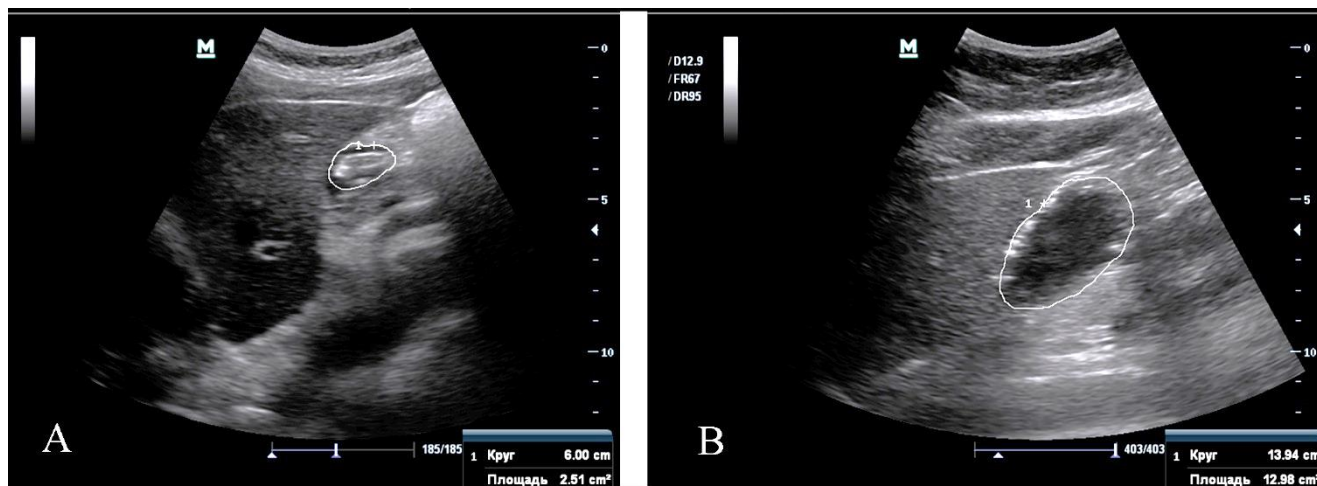


Рисунок 14 – А - Ультразвуковые признаки пустого желудка, В - прозрачной жидкости и пример обводки для проведения расчетов

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 12).

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. Это продемонстрировало точность и воспроизводимость предложенной ультразвуковой оценки объема желудка в положении пациента 15°/15° на операционном столе.

### 3.4.2 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 (таблица 13).

Таблица 13 – Распределение пациентов по качественным признакам желудочного содержимого и категориям риска (n=100)

Ультразвуковой признак	Ультразвуковая картина	Количество пациентов, n (%)	Категория риска
Пустой желудок	Антрум уплощен, стенки соприкасаются, форма «мишени»	34 (34,0%)	Низкий риск
Прозрачная жидкость, малый объем	Жидкость только в положении 15/15, антрум расправлен не полностью	28 (28,0%)	Пограничный риск (требуется количественная оценка)
Прозрачная жидкость, значительный объем	Жидкость в положении 15/15, антрум округлый, полностью расправлен	21 (21,0%)	Пограничный риск (требуется количественная оценка)
Густая жидкость/взвесь	Гиперэхогенное неоднородное содержимое, задняя стенка визуализируется	5 (5,0%)	Высокий риск
Твердая пища	Множественные гиперэхогенные фокусы с акустической тенью	4 (4,0%)	Высокий риск
Невозможность визуализации	Отсутствие четкого изображения антрума	8 (8,0%)	Высокий риск

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.

На основании ультразвуковой картины все пациенты были распределены по качественным признакам желудочного содержимого и соответствующим категориям риска. Как видно из представленных данных, 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 (таблица 14).

Таблица 14 – Результаты количественной оценки объема желудочного содержимого у пациентов с признаком прозрачной жидкости (n=49)

Показатель	Значение (Me (Q1; Q3))
Площадь поперечного сечения антрального отдела, см <sup>2</sup>	6,8 (4,2; 9,70)
Расчетный объем желудочного содержимого, мл	118,4 (62,7; 184,5)
Расчетный объем желудочного содержимого, мл/кг	1,52 (0,81; 2,38)

На основании полученных значений объема все пациенты с прозрачной жидкостью были дополнительно стратифицированы по степени риска аспирации с использованием порогового значения 1,5 мл/кг, обоснованного в литературе как критерий «полного желудка» (таблица 15).

Таблица 15 – Распределение пациентов с прозрачной жидкостью по объему желудочного содержимого и соответствующей категории риска (n=49)

Объем желудочного содержимого	Количество пациентов, n (%)	Категория риска после количественной оценки
< 0,8 мл/кг	12 (24,5%)	Низкий риск
0,8 – 1,5 мл/кг	16 (32,7%)	Пограничный риск
> 1,5 мл/кг	21 (42,8%)	Высокий риск

Как видно из таблицы, 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 (таблица 16).

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.

Таблица 16 – Итоговое распределение пациентов по категориям риска аспирации (n=100)

Категория риска	Критерии	Количество пациентов, n (%)
Низкий риск	Пустой желудок (n=34) + прозрачная жидкость < 0,8 мл/кг (n=12)	46 (46,0%)
Пограничный риск	Прозрачная жидкость 0,8–1,5 мл/кг	16 (16,0%)
Высокий риск	Прозрачная жидкость > 1,5 мл/кг (n=21) + густая жидкость/твердая пища (n=9) + невозможность визуализации (n=8)	38 (38,0%)

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 17.

У пациентов с низким риском аспирации в подавляющем большинстве случаев (95,7%) использовалась стандартная индукция с применением ларингеальной маски. У двух пациентов этой группы интубация трахеи была выполнена по другим показаниям (объемные вмешательства, положение на животе).

У пациентов с пограничным риском (объем 0,8–1,5 мл/кг) решение принималось индивидуально. У 9 пациентов (56,2%) с учетом отсутствия дополнительных факторов риска (нормальная масса тела, отсутствие рефлюкса, легкая интубация) использована ларингеальная маска. У 7 пациентов (43,8%) с учетом наличия ожирения, предполагаемой трудной интубации или других факторов выполнена интубация трахеи. Ни в одном случае не зафиксировано аспирационных осложнений.

Таблица 17 – 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%)

У пациентов с высоким риском в 94,7% случаев выполнена быстрая последовательная индукция с интубацией трахеи. У 2 пациентов с крайне высоким объемом желудочного содержимого ( $> 3,5$  мл/кг) и возможностью отсрочки (плановые вмешательства) операция была отложена на 6 часов, после повторного ультразвукового контроля (объем снизился до безопасного) выполнена стандартная индукция.

Принципиально важным является анализ изменений тактики под влиянием ультразвукового скрининга. Из 100 пациентов у 23 (23,0%) результаты ультразвуковой оценки привели к изменению первоначально планировавшейся тактики:

У 14 пациентов (14,0%), которые на основании соблюдения режима голодания рассматривались как кандидаты для ларингеальной маски, ультразвуковое исследование выявило объем  $> 1,5$  мл/кг ( $n=11$ ) или наличие густой жидкости/твердой пищи ( $n=3$ ), что потребовало перехода к быстрой последовательной индукции с интубацией трахеи.

У 9 пациентов (9,0%), напротив, несмотря на недостаточный период голодания по данным анамнеза, ультразвуковое исследование продемонстрировало пустой желудок ( $n=4$ ) или минимальный объем жидкости  $< 0,8$  мл/кг ( $n=5$ ), что позволило безопасно использовать ларингеальную маску и избежать интубации трахеи.

## ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные в диссертационном исследовании результаты со всей очевидностью демонстрируют, что традиционная ориентация на временные интервалы предоперационного голодания не может рассматриваться как надежный и достаточный метод оценки аспирационного риска. Нами установлено, что у 14,3% плановых хирургических пациентов, которые формально соблюдали рекомендованный 8-часовой период голодания и на основании анамнестических данных считались имеющими «пустой желудок», при ультразвуковом исследовании объективно выявлялось наличие желудочного содержимого, соответствующего поздней фазе пищеварения. Данное наблюдение имеет не только статистическое, но и фундаментальное клиническое значение, поскольку именно эта категория пациентов традиционно рассматривается анестезиологами как группа низкого риска, что нередко служит основанием для выбора менее инвазивных методов обеспечения проходимости дыхательных путей, включая использование надгортанных воздуховодов.

Проведенный нами анализ показывает, что выявленная закономерность не является локальной особенностью исследуемой популяции, а отражает глобальную проблему, неоднократно описанную в международной литературе. В систематическом обзоре Van de Putte и A. Perlas и соавт. (2014), обобщившем данные 18 исследований, частота обнаружения «полного желудка» у пациентов с формально соблюденным голоданием варьировала от 5% до 17%, причем наиболее высокие показатели регистрировались в подгруппах с сопутствующим сахарным диабетом, ожирением и у пациентов, получающих опиоидные анальгетики. Авторы этого обзора приходят к принципиальному заключению: «быть голодным по времени» и «иметь пустой желудок» — это не тождественные состояния [122]. Наше исследование не только подтверждает данный тезис, но и уточняет количественные характеристики проблемы применительно к российской популяции хирургических пациентов.

Особого внимания заслуживает тот факт, что в нашем исследовании не было выявлено статистически значимых различий в сроках последнего приема пищи между плановой и экстренной группами. Медиана времени голодания по жидкости составила 8 часов в обеих группах, по твердой пище — 11 часов в экстренной группе и 9 часов в плановой, причем межгрупповые различия не достигли уровня статистической значимости ( $p=0,632$  и  $p=0,487$  соответственно). Несмотря на это, частота ультразвукового признака «пустой желудок» в плановой группе оказалась достоверно выше (84,3% против 69,6%,  $p=0,016$ ). Данное наблюдение имеет важное патофизиологическое и клиническое значение. Оно свидетельствует о том, что фактор экстренности сам по себе, независимо от длительности голодания, является более сильным предиктором наличия желудочного содержимого, чем собственно временной интервал. Механизмы, лежащие в основе этого феномена, включают, по-видимому, активацию симпатической нервной системы в ответ на боль и стресс, подавление моторики антрального отдела, а также возможное влияние опиоидных анальгетиков, нередко вводимых на догоспитальном этапе. Аналогичные данные были получены в крупном проспективном исследовании L. Bouvet и соавт. (2017), включившем 452 пациента экстренной хирургии. Авторы показали, что у 43% пациентов, голодавших более 6 часов, объем желудочного содержимого превышал 0,8 мл/кг, а у 12% — пороговое значение 1,5 мл/кг. При многофакторном регрессионном анализе единственным независимым предиктором «полного желудка» оказалась не длительность голодания, а наличие болевого синдрома и необходимость в экстренном вмешательстве [82]. Результаты нашего исследования полностью согласуются с этими данными и дополняют их демонстрацией того, что даже при сопоставимых временных интервалах плановые и экстренные пациенты представляют собой принципиально различные популяции с точки зрения аспирационного риска.

Важно подчеркнуть, что полученные нами результаты не ставят под сомнение необходимость соблюдения рекомендаций по предоперационному голоданию. Напротив, они показывают, что выполнение этих рекомендаций

является необходимым, но не достаточным условием безопасности. Пациент, формально считающийся «голодным» на основании анамнеза, может объективно иметь полный желудок, и традиционный клинический подход не позволяет идентифицировать эту группу риска. Данное противоречие может быть разрешено только путем внедрения объективных инструментальных методов скрининга, среди которых ультразвуковая оценка антрального отдела желудка в настоящее время рассматривается как наиболее перспективная технология.

В процессе выполнения диссертационного исследования мы столкнулись с ситуацией, когда у части пациентов получение адекватного ультразвукового изображения антрального отдела желудка оказалось невозможным. Частота таких случаев составила 12,5% в группе экстренных пациентов и 5,4% в группе плановых, причем межгрупповое различие достигло статистической значимости ( $p=0,025$ ). Данный результат требует специального анализа, поскольку он имеет не только методическое, но и содержательное клиническое значение.

Основными причинами, препятствовавшими визуализации, явились выраженная пневматизация кишечника и наличие абдоминального компартмент-синдрома. Оба эти состояния закономерно чаще встречаются в экстренной хирургии, особенно при острой кишечной непроходимости, перитоните и тяжелой сочетанной травме. Важно отметить, что сам по себе факт невозможности визуализации антрального отдела является клинически значимой находкой, поскольку он объективно свидетельствует о наличии у пациента выраженного пареза кишечника или внутрибрюшной гипертензии. Оба эти состояния ассоциированы с высоким риском регургитации и аспирации, что позволяет рассматривать неудачную попытку УЗИ-визуализации как косвенный признак принадлежности пациента к группе повышенного риска.

Анализ литературы показывает, что частота невозможности визуализации антрального отдела варьирует в широких пределах в зависимости от исследуемой популяции и используемых критериев оценки. Van de Putte и соавт. (2014) в исследовании, специально посвященном применимости УЗИ желудка у пациентов с ожирением, сообщили, что при ИМТ менее 35 кг/м<sup>2</sup> частота успешной

визуализации приближается к 100%, при ИМТ 35–40 кг/м<sup>2</sup> составляет 95–97%, а при ИМТ более 45 кг/м<sup>2</sup> снижается до 85–90% [121]. В работе R. Kruisselbrink и соавт. (2019) частота неудачных визуализаций у пациентов в критическом состоянии достигла 15%, причем авторы отметили, что все эти пациенты имели клинические признаки пареза кишечника [56].

Центральным результатом настоящего исследования является разработка оригинальной математической модели, позволяющей прогнозировать объем желудочного содержимого на основании измерения площади поперечного сечения антрального отдела в модифицированном положении 30/30 (подъем головного конца операционного стола на 30° и поворот пациента на правый бок на 30°). Итоговое уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\text{Объем (мл)} = 110,29 + 21,874 \times \text{Площадь (см}^2\text{)} - 1,605 \times \text{Возраст (годы)} - 1,148 \times \text{Масса тела (кг)}$$

Коэффициент детерминации разработанной модели составил  $R^2 = 0,85$ , что свидетельствует о том, что включенные в уравнение предикторы объясняют 85% вариабельности зависимой переменной — объема желудочного содержимого. С точки зрения статистического моделирования это значение расценивается как очень высокое, особенно если учесть сложность и многокомпонентность объекта исследования.

Для того чтобы оценить место разработанной нами модели в ряду существующих прогностических инструментов, мы провели детальный сравнительный анализ с работами других исследовательских групп. На сегодняшний день в мировой литературе представлены две математические модели, прошедшие полноценную клиническую валидацию и получившие признание международного профессионального сообщества.

Модель A.Perlas и соавт. (2013) была разработана на выборке из 108 взрослых пациентов, которым выполнялась плановая гастроскопия [120]. В качестве референтного метода использовалась аспирация всего желудочного содержимого под визуальным контролем после приема фиксированных объемов яблочного сока (0, 50, 100, 200, 300 и 400 мл). Измерения площади поперечного

сечения антрального отдела проводились в строго стандартизированном положении — лежа на правом боку. Полученное уравнение линейной регрессии:

$$GV = 27,0 + 14,6 \times CSA - 1,28 \times \text{возраст}$$

продемонстрировало коэффициент детерминации  $R^2 = 0,73$  и коэффициент корреляции с референтным методом  $r = 0,86$ . Модель валидирована для взрослых небеременных пациентов с ИМТ до  $40 \text{ кг/м}^2$  и позволяет прогнозировать объемы до 500 мл.

Модель L. Bouvet и соавт. (2011) была разработана на выборке из 183 хирургических пациентов (как плановых, так и экстренных) [28]. В качестве референтного метода использовалась аспирация желудочного содержимого через назогастральный зонд. Измерения площади поперечного сечения проводились в положении полусидя с подъемом головного конца стола на  $45^\circ$ . Полученное уравнение:

$$GV = -215 + 57 \times \log CSA - 0,78 \times \text{возраст} - 0,16 \times \text{рост} - 0,25 \times \text{вес} - 0,80 \times \text{ASA} + 16 \text{ (экстренный)} + 10 \text{ (ранитидин)}$$

характеризовалось коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,57$  и коэффициентом корреляции  $r = 0,72$ . Диапазон прогнозирования ограничен 250 мл.

Сравнительный анализ этих трех моделей позволяет выделить принципиальные преимущества разработанной нами модели. Первое и наиболее важное преимущество заключается в возможности применения модели в модифицированном положении 30/30 и, как было показано в дальнейшем, в положении 15/15. Исследование A. Perlas требует строгого положения на правом боку, исследование L. Bouvet — положения полусидя  $45^\circ$ . Обе эти позиции имеют серьезные ограничения в реальной клинической практике. Положение на правом боку технически сложно или вовсе невозможно реализовать у пациентов с травмой позвоночника, таза, нижних конечностей, у пациентов с морбидным ожирением, а также у беременных в третьем триместре из-за риска аортокавальной компрессии. Положение полусидя  $45^\circ$  несовместимо с рядом хирургических доступов, требует наличия функционального операционного стола

с электрорегулировкой и не может быть использовано при некоторых нейрохирургических и сосудистых вмешательствах. Разработанная нами модель лишена этого недостатка, что существенно расширяет область ее клинического применения.

Второе преимущество связано с более высокой прогностической способностью модели. Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,85$  значительно превосходит аналогичные показатели модели A. Perlas (0,73) и модели L. Bouvet (0,57). Это означает, что наша модель с большей точностью предсказывает истинный объем желудочного содержимого и, следовательно, обеспечивает более надежную стратификацию пациентов по степени аспирационного риска.

Третье преимущество заключается в отсутствии необходимости в логарифмических преобразованиях. Модель A. Perlas является линейной и поэтому относительно проста в клиническом применении. Модель L. Bouvet требует вычисления натурального логарифма площади поперечного сечения, что в условиях дефицита времени, характерного для экстренной анестезиологии, создает дополнительные трудности и повышает риск ошибок. Наша модель является линейной, включает всего три предиктора (площадь, возраст, масса тела) и может быть легко рассчитана как с помощью портативного устройства, так и ментально с использованием заранее подготовленных таблиц или номограмм.

Четвертое преимущество связано с включением в модель массы тела в качестве независимого предиктора с отрицательным коэффициентом. В модели A. Perlas масса тела не вошла в финальное уравнение, хотя в предварительной версии 2009 года этот параметр присутствовал и имел отрицательный коэффициент (-1,68) [113]. Авторы исключили массу тела из окончательной модели в связи с недостаточной статистической значимостью, что, возможно, было обусловлено ограниченным объемом выборки на этапе валидации. В нашем исследовании масса тела продемонстрировала статистически значимую ( $p=0,004$ ) и независимую от других факторов связь с объемом желудка, что позволило включить ее в финальное уравнение.

Необходимо специально остановиться на физиологической интерпретации возрастного фактора, поскольку этот вопрос вызывает наибольшее количество дискуссий. Во всех трех рассмотренных моделях (А. Perlas, L. Bouvet, наша) возраст пациента имеет отрицательный коэффициент регрессии. Это означает, что при равной площади поперечного сечения антрального отдела у пожилого пациента прогнозируемый объем желудка будет меньше, чем у молодого. Возникает закономерный вопрос: отражает ли этот коэффициент истинное физиологическое различие или является статистическим артефактом? С. Rayner и М. Horowitz и соавт. (2020) в обзоре, посвященном физиологии стареющего желудочно-кишечного тракта, приводят данные о том, что у лиц старше 70 лет базальная желудочная секреция снижена в среднем на 20–30% по сравнению с лицами 20–40 лет [86]. Кроме того, у пожилых пациентов наблюдается повышение эластичности стенки желудка, вследствие чего при одном и том же объеме содержимого площадь поперечного сечения антрального отдела может быть больше, чем у молодых [101]. Таким образом, отрицательный коэффициент возраста отражает не «недоверие» к измерениям у пожилых, а объективные морфофункциональные особенности этой возрастной группы. С этих позиций включение возраста в регрессионную модель является не статистической натяжкой, а физиологически обоснованным и клинически необходимым решением.

Одним из наиболее значимых результатов настоящего исследования, имеющих прямое практическое применение, является доказательство эквивалентности ультразвуковых измерений, выполняемых в положениях 30/30 и 15/15. Исходно разработанная нами математическая модель была создана для положения 30/30. Этот выбор был обусловлен стремлением максимально приблизиться к условиям, обеспечивающим гравитационное перемещение жидкости в антральный отдел (как в классическом положении на правом боку), при сохранении приемлемой стабильности пациента. Однако в процессе апробации методики мы столкнулись с тем, что у части пациентов, особенно пожилых и с избыточной массой тела, в положении 30/30 наблюдается тенденция

к соскальзыванию с операционного стола, что требует дополнительной фиксации и создает дискомфорт как для пациента, так и для хирургической бригады. Это побудило нас исследовать возможность применения разработанной формулы в положении с меньшими углами наклона — 15/15.

Для решения этой задачи было проведено специальное проспективное исследование, включившее 28 пациентов, которым выполнялось последовательное измерение площади поперечного сечения антрального отдела и расчетного объема желудка в трех положениях: 15/15, 30/30 и 90° на правом боку (эталонное положение по А. Perlas). Статистический анализ с использованием критерия Фридмана для связанных выборок не выявил статистически значимых различий между тремя положениями ни по одному из анализируемых параметров: по окружности антрального отдела ( $p=0,407$ ); по площади поперечного сечения ( $p=0,312$ ); по расчетному объему желудка ( $p=0,407$ ). Отсутствие различий сохранялось и при апостериорном анализе с коррекцией на множественные сравнения. Важно отметить, что выявленные единичные статистические выбросы были однонаправленными во всех трех положениях, что дополнительно подтверждает сопоставимость получаемых данных. Таким образом, доказательство эквивалентности измерений в положениях 30/30 и 15/15 позволило нам модифицировать оригинальную методику в сторону повышения ее эргономичности и клинической доступности без какой-либо потери диагностической точности. Это принципиально отличает разработанный нами подход от всех существующих аналогов, которые требуют строго определенного положения пациента и не допускают вариаций.

Систематических исследований, определяющих минимальный достаточный угол наклона для обеспечения гравитационного смещения жидкости в антральный отдел, в мировой литературе до настоящего времени не представлено. Отсутствуют данные о пороговых значениях угла, ниже которых происходит клинически значимая потеря диагностической точности. В литературе не изучалась возможность применения существующих математических моделей в модифицированных положениях, отличных от строго определенных авторами

оригинальных протоколов. С другой стороны, угол  $45^\circ$ , рекомендуемый L. Bouvet, действительно обеспечивает максимальное гравитационное перемещение содержимого, но сопряжен с вышеописанными техническими трудностями [28]. Нами впервые показано, что угол  $15^\circ$  является достаточным для клинически значимого гравитационного смещения жидкости, а дальнейшее увеличение угла не приводит к статистически значимому изменению измеряемых параметров. Это важное физиологическое наблюдение имеет самостоятельное значение и может быть использовано при разработке клинических рекомендаций.

Одним из наиболее серьезных препятствий, ограничивающих широкое внедрение ультразвуковой оценки желудка в повседневную практику отделений анестезиологии и реанимации, является скептицизм в отношении воспроизводимости метода в руках различных операторов. Действительно, хорошо известно, что ультразвуковая диагностика является операторозависимой, и результаты, полученные экспертами высокого класса в условиях научного исследования, далеко не всегда могут быть воспроизведены ординарными врачами в условиях реальной клинической практики. В связи с этим специальный этап нашего исследования был посвящен оценке межоператорской воспроизводимости разработанной методики. Дизайн этого этапа предусматривал прямое сравнение результатов, полученных двумя категориями исследователей: экспертами-разработчиками (2 врача), непосредственно участвовавшими в создании математической модели и имевшими опыт выполнения более 100 ультразвуковых исследований желудка; практикующими врачами анестезиологами-реаниматологами (16 врачей), не имевшими предшествующего опыта ультразвуковой оценки желудка и прошедшими краткосрочный обучающий курс, включавший 2-часовое теоретическое занятие и 5 практических исследований под контролем инструктора. Результаты этого этапа оказались, на наш взгляд, весьма убедительными. Статистически значимых различий между двумя группами не выявлено ни в успешности визуализации антрального отдела ( $p=0,943$ ), ни в частоте выявления признака «пустой желудок» ( $p=0,863$ ). Это означает, что практикующие врачи после минимального обучения столь же успешно

идентифицируют анатомические ориентиры и получают адекватное изображение, как и эксперты, а качественная оценка характера желудочного содержимого (наличие или отсутствие жидкости) не представляет существенных трудностей и быстро осваивается врачами. Количественные параметры — окружность антрального отдела ( $p=0,477$ ), площадь поперечного сечения ( $p=0,632$ ) и расчетный объем желудка ( $p=0,407$ ) — также не различались между группами, причем доверительные интервалы демонстрировали высокую степень перекрытия. Полученные нами данные полностью согласуются с результатами зарубежных исследований, изучавших кривую обучения ультразвуковой оценке желудка. В классической работе С. Arzola и соавт. (2013), выполненной на базе Университета Торонто, было показано, что после выполнения 33 контролируемых исследований 95% анестезиологов успешно идентифицируют характер желудочного содержимого, а дальнейшее увеличение количества наблюдений не приводит к статистически значимому улучшению результатов. Авторы этого исследования приходят к заключению, что пороговое количество наблюдений, необходимое для достижения устойчивого навыка, составляет 30–35 процедур [16]. Важно отметить, что в нашем исследовании практикующие врачи прошли существенно более короткий курс обучения (2 часа теории + 5 практических исследований), чем рекомендовано в работах С. Arzola и соавт. Несмотря на это, мы не наблюдали статистически значимых различий с экспертной группой. Возможным объяснением этого феномена является принципиальная простота разработанной нами методики. Использование положения 15/15 и линейной формулы, не требующей логарифмических преобразований, существенно снижает когнитивную нагрузку на врача и минимизирует риск ошибок. Кроме того, в отличие от исследования А. Perlas, требующего строгого соблюдения положения на правом боку и измерения площади в момент полного расправления стенок антрального отдела, наша методика допускает некоторую вариабельность позиционирования, что облегчает ее освоение начинающими операторами.

Таким образом, полученные нами данные убедительно свидетельствуют о том, что разработанная методика обладает высокой межоператорской

воспроизводимостью и может быть успешно внедрена в клиническую практику после минимального обучения. Это снимает одно из главных возражений противников рутинного использования ультразвуковой оценки желудка и открывает путь к широкому распространению технологии.

Таким образом проведенное исследование позволило разработать, валидировать и внедрить в клиническую практику новую математическую модель расчета объема желудочного содержимого, адаптированную к условиям реальной операционной. Полученные результаты не противоречат мировым данным, а дополняют и существенно расширяют их, предлагая решение актуальной проблемы, которая до настоящего времени не находила удовлетворительного ответа в литературе, — проблемы ультразвуковой оценки объема желудочного содержимого у пациентов, не подлежащих переводу в строго латеральное или полусидячее положение. Разработанная методика защищена патентом на изобретение, прошла клиническую апробацию и может быть рекомендована для внедрения в практику отделений анестезиологии и реанимации стационаров различного уровня.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема периоперационной аспирации желудочного содержимого сопровождает анестезиологию на протяжении всей ее современной истории. Описанная Кёртисом Мендельсоном в 1946 году, эта катастрофа продолжает уносить жизни пациентов, несмотря на десятилетия совершенствования клинических рекомендаций, внедрение новых фармакологических агентов и широкое использование современных надгортанных воздухопроводов. Эпидемиологические данные последних лет свидетельствуют о том, что частота аспирационных осложнений остается стабильной на протяжении трех десятилетий, а летальность при развитии острого респираторного дистресс-синдрома на фоне аспирации достигает 60–70 процентов. Традиционная стратегия профилактики аспирации опирается исключительно на временные критерии предоперационного голодания. Пациент, не принимавший пищу в течение 6–8 часов, формально считается имеющим «пустой желудок» и низкий риск аспирации. Однако многочисленные исследования, включая наше, убедительно демонстрируют, что это допущение ошибочно. Скорость опорожнения желудка подвержена значительной межиндивидуальной вариабельности, определяемой полом, возрастом, наличием сахарного диабета, почечной недостаточности, вегетативной нейропатии, болевым синдромом, приемом опиоидов и множеством других факторов. Пациент может формально считаться «голодным», но объективно иметь полный желудок. И напротив, пациент с нарушенным режимом голодания может иметь минимальный объем желудочной секреции, не представляющий клинически значимого риска. В настоящем исследовании мы подтвердили эту глобальную закономерность. У 14,3 процентов плановых пациентов, которые формально соблюдали рекомендованный 8-часовой период голодания и на основании анамнестических данных считались имеющими «пустой желудок», при ультразвуковом исследовании объективно выявлялось наличие желудочного содержимого, соответствующего поздней фазе пищеварения. Принципиально важно, что статистически значимых различий в

сроках последнего приема пищи между плановой и экстренной группами не выявлено, однако частота ультразвукового признака «пустой желудок» в плановой группе оказалась достоверно выше. Это наблюдение свидетельствует о том, что сам факт экстренности вмешательства, сопряженный с болевым синдромом, стрессом и нередко опиоидной анальгезией, является более сильным предиктором наличия желудочного содержимого, чем длительность голодания. Эти данные не ставят под сомнение необходимость соблюдения рекомендаций по предоперационному голоданию. Они лишь показывают, что выполнение этих рекомендаций является необходимым, но не достаточным условием безопасности. Разрешение этого противоречия возможно только путем внедрения объективных инструментальных методов скрининга, среди которых ультразвуковая оценка антрального отдела желудка в настоящее время рассматривается как наиболее перспективная технология.

Проведенное нами исследование убедительно демонстрирует, что ультразвуковая оценка желудка — это не экзотическая методика, доступная лишь узким специалистам в области лучевой диагностики, а вполне рутинный инструмент, который может и должен быть освоен каждым практикующим врачом анестезиологом-реаниматологом. В отличие от сложных гастроэнтерологических протоколов, требующих серии измерений в течение нескольких часов, наша методика предельно проста и ориентирована на решение одной конкретной задачи: определить объем желудочного содержимого у конкретного пациента в конкретный момент времени — непосредственно перед индукцией анестезии.

Центральным результатом нашей работы стала разработка оригинальной математической модели прогнозирования объема желудочного содержимого на основании измерения площади поперечного сечения антрального отдела. Итоговое уравнение регрессии: Объем (мл) =  $110,29 + 21,874 \times \text{Площадь (см}^2) - 1,605 \times \text{Возраст (годы)} - 1,148 \times \text{Масса тела (кг)}$ . Эта модель обладает коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,85$ , что означает: включенные в уравнение предикторы объясняют 85 процентов вариабельности объема желудка. С точки зрения статистического моделирования это очень высокий показатель,

существенно превосходящий результаты, полученные другими исследовательскими группами.

Однако главное преимущество нашей модели заключается даже не в ее более высокой прогностической точности, а в том, что она принципиально иначе решает проблему позиционирования пациента. Все существующие в мировой литературе модели требуют строго определенного положения: либо полного поворота на правый бок (A. Perlas), либо подъема головного конца стола на 45 градусов (L. Bouvet). Обе эти позиции имеют серьезные ограничения в реальной клинической практике. Положение на правом боку технически сложно или вовсе невозможно реализовать у пациентов с травмой позвоночника, таза, нижних конечностей, у пациентов с морбидным ожирением, а также у беременных в третьем триместре из-за риска аортокавальной компрессии. Положение полусидя 45 градусов несовместимо с рядом хирургических доступов, требует наличия функционального операционного стола с электрорегулировкой и не может быть использовано при нейрохирургических и сосудистых вмешательствах. Мы пошли другим путем. Исходно разработав модель для положения 30/30 (подъем головного конца стола на 30 градусов и поворот на правый бок на 30 градусов), мы задались вопросом: является ли угол 30 градусов критическим или возможно дальнейшее снижение углов наклона без потери диагностической точности? В специальном валидационном исследовании на 28 пациентах мы сравнили измерения, выполненные в положениях 15/15, 30/30 и 90 градусов на правом боку. Результат оказался весьма убедительным: статистически значимых различий не выявлено ни по одному из анализируемых параметров. Окружность антрального отдела, площадь его поперечного сечения и расчетный объем желудка оказались сопоставимы во всех трех положениях. Это принципиально отличает разработанный нами подход от всех существующих аналогов и, собственно, и составляет основу изобретения, защищенного патентом Российской Федерации № 2847018 С1.

После подтверждения эквивалентности ультразвуковых измерений в положениях 30/30 и 15/15 следующим логическим этапом исследования стала

оценка воспроизводимости разработанной методики в условиях реальной клинической практики при выполнении исследования врачами анестезиологами-реаниматологами, не имевшими специальной подготовки в области ультразвуковой диагностики желудка. Ультразвуковая диагностика традиционно считается операторозависимой, и скептицизм в отношении возможности ее использования практикующими врачами, не имеющими специальной подготовки в области лучевой диагностики, во многом оправдан. Поэтому мы сочли необходимым специально исследовать этот вопрос. Данный этап представлялся критически важным, поскольку именно воспроизводимость метода в руках широкого круга практикующих врачей определяет возможность его массового внедрения и реальное влияние на безопасность пациентов.

Дизайн этого этапа предусматривал прямое сравнение результатов, полученных двумя категориями исследователей: экспертами-разработчиками, участвовавшими в создании математической модели и имевшими опыт выполнения более 100 исследований, и практикующими врачами анестезиологами-реаниматологами, не имевшими предшествующего опыта ультразвуковой оценки желудка и прошедшими краткосрочный обучающий курс, включавший 2-часовое теоретическое занятие и 5 практических исследований под контролем инструктора. Результаты этого этапа оказались, на наш взгляд, весьма убедительными. Статистически значимых различий между двумя группами не выявлено ни по одному из анализируемых показателей. Успешность визуализации антрального отдела составила 95,7 процента в обеих группах. Частота выявления признака «пустой желудок» также оказалась идентичной — 25,5 процента. Количественные параметры — окружность антрального отдела, площадь поперечного сечения и расчетный объем желудка — также не различались между группами, причем доверительные интервалы демонстрировали высокую степень перекрытия.

Проведенное исследование на расширенной когорте из 100 пациентов убедительно продемонстрировало высокую диагностическую ценность ультразвукового скрининга желудка: у 49% пациентов выявлена прозрачная

жидкость, у 9% – густая жидкость или твердая пища, у 8% визуализация была невозможна. Были получены данные о значительной распространенности высокого риска аспирации: 38% пациентов отнесены к категории высокого риска, из них 66,7% плановых пациентов с формально соблюденным голоданием имели объем  $> 1,5$  мл/кг, что существенно повлияло на тактику анестезии – у 23% пациентов результаты ультразвуковой оценки привели к изменению первоначально планировавшейся тактики, причем в 60,9% случаев это изменение было в сторону повышения безопасности (переход к интубации), а в 39,1% – в сторону избегания излишне агрессивной тактики (отказ от интубации).

Подводя итог нашей работы, мы можем сформулировать следующие основные положения.

В диссертационном исследовании было подтверждено, что у каждого седьмого планового пациента, формально считающегося «голодным» на основании временных критериев, объективно выявляется желудочное содержимое, представляющее потенциальный риск аспирации. Это наблюдение ставит под сомнение достаточность традиционной предоперационной оценки и обосновывает необходимость внедрения объективных инструментальных методов скрининга.

Была разработана оригинальная математическая модель прогнозирования объема желудочного содержимого, которая по своей прогностической точности превосходит все существующие в мировой литературе аналоги. Коэффициент детерминации нашей модели составляет 0,85, тогда как у модели A.Perlas — 0,73, у модели L. Bouvet — 0,57. Это означает, что наша модель позволяет с существенно большей точностью предсказывать истинный объем желудочного содержимого и, следовательно, обеспечивает более надежную стратификацию пациентов по степени аспирационного риска.

Мы впервые доказали, что ультразвуковые измерения объема желудочного содержимого, выполненные в положении 15/15, полностью эквивалентны измерениям, выполненным в эталонных положениях — на правом боку под углом 90 градусов и в положении 30/30. Это принципиально расширяет область

клинического применения методики, делая ее доступной для пациентов, у которых полный поворот на правый бок невозможен или опасен, — травматологических, нестабильных, с морбидным ожирением, беременных в третьем триместре.

В исследовании была показана высокая межоператорская воспроизводимость ультразвуковой оценки желудка. Практикующие врачи анестезиологи-реаниматологи после краткосрочного обучения, включавшего всего 2 часа теории и 5 практических исследований, демонстрируют результаты, статистически не отличающиеся от результатов экспертов-разработчиков. Это убедительно свидетельствует о низком пороге внедрения разработанной технологии и принципиальной возможности ее массового использования в рутинной клинической практике.

На разработанный способ оценки был получен патент на изобретение, подтверждающий новизну и изобретательский уровень разработанной методики и создающий правовую основу для ее внедрения в клиническую практику.

В настоящий же момент мы можем с уверенностью утверждать, что разработанная нами методика ультразвуковой оценки объема желудочного содержимого в модифицированном положении 15/15 является готовым к широкому клиническому внедрению инструментом персонализированной стратификации аспирационного риска. Она проста, доступна, воспроизводима, защищена патентом и, что самое главное, — она работает. Мы надеемся, что ее внедрение в практику отделений анестезиологии и реанимации станет реальным шагом к повышению безопасности пациентов и снижению частоты одного из наиболее грозных осложнений общей анестезии — аспирационного синдрома.

## 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  $30^\circ/30^\circ$  ( $R^2 = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ), включающая предикторы: площадь поперечного сечения антрального отдела, возраст и массу тела пациента.

3. Валидация методики в положении  $15^\circ/15^\circ$  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  $15^\circ/15^\circ$  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

Внедрение результатов настоящего диссертационного исследования в клиническую практику отделений анестезиологии и реаниматологии предполагает реализацию комплекса организационных, методических и образовательных мероприятий. Разработанные рекомендации адресованы врачам анестезиологам-реаниматологам, заведующим отделениями, клиническим ординаторам, а также организаторам здравоохранения, участвующим в совершенствовании системы оказания анестезиологической помощи.

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); поворот пациента на правый бок на 15° (достигается регулировкой стола либо подкладыванием валика под левое плечо и таз).

Датчик устанавливается в эпигастральной области по срединной линии или несколько правее от нее, параллельно реберной дуге, с ориентацией маркера в сторону головы пациента. Визуализируют стандартные анатомические ориентиры: левая доля печени (располагается вентрально, непосредственно под передней брюшной стенкой); аорта или нижняя полая вена (располагаются дорсально, визуализируются в виде пульсирующих трубчатых структур); поджелудочная железа (располагается между печенью и аортой, визуализируется в виде структуры средней эхогенности).

Между этими ориентирами, непосредственно под левой долей печени, визуализируют антральный отдел желудка в поперечном сечении. Характерными

признаками антрального отдела желудка являются: округлая или овоидная форма; характерная пятислойная структура стенки (при использовании высокочастотных датчиков). Путем небольших движений датчика (ротация, наклон, смещение) добиваются максимально четкого изображения поперечного сечения антрального отдела с визуализацией передней и задней стенок на всем протяжении. Исследование выполняется в фазу покоя между перистальтическими сокращениями, чтобы избежать недооценки площади поперечного сечения.

Таблица 18 – Качественная оценка желудочного содержимого

Тип содержимого	Ультразвуковая картина	Интерпретация
Пустой желудок	Антрум уплощен, передняя и задняя стенки соприкасаются, форма «мишени» или «бычьего глаза», многослойность стенки сохранена	Низкий риск
Прозрачная жидкость	Антрум округлой формы, расправлен, просвет заполнен гипоэхогенным (анэхогенным) содержимым, возможно наличие точечных гиперэхогенных включений (микропузырьки газа)	Требуется количественная оценка
Густая жидкость (молоко, энтеральное питание)	Антрум расправлен, содержимое повышенной эхогенности, неоднородное, задняя стенка визуализируется	Высокий риск, количественная оценка менее точна
Твердая пища, ранняя фаза	Множественные гиперэхогенные фокусы с дистальной акустической тенью, задняя стенка не визуализируется	Высокий риск
Твердая пища, поздняя фаза	Содержимое средней эхогенности, относительно гомогенное, задняя стенка визуализируется, но внутренняя структура неоднородна	Высокий риск

Перед выполнением количественных измерений необходимо оценить характер желудочного содержимого по следующей классификации, представленной в таблице 18. При визуализации густой жидкости или твердой пищи дальнейшая количественная оценка не требуется — пациент автоматически относится к группе высокого риска.

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. Измерение выполняется трижды, в расчет принимается среднее значение (либо минимальное значение в фазу покоя).

Таблица 19 – 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 отсутствии функции свободной трассировки площадь может быть рассчитана по формуле эллипса:  $\text{Площадь (см}^2\text{)} = (\text{AP} \times \text{CC} \times \pi) / 4$ , где AP — передне-задний диаметр (см), CC — кранио-каудальный диаметр (см),  $\pi = 3,14$ .

Расчет объема желудочного содержимого выполняется по разработанной формуле:  $\text{Объем (мл)} = 110,29 + 21,874 \times \text{Площадь (см}^2\text{)} - 1,605 \times \text{Возраст (годы)} - 1,148 \times \text{Масса тела (кг)}$ .

На основании результатов ультразвуковой оценки пациенты разделяются на три категории риска, представленные в таблице 19.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Проведенное исследование, результатом которого стала разработка и валидация оригинальной математической модели ультразвуковой оценки объема желудочного содержимого в модифицированном положении 15/15, не исчерпывает всей полноты проблемы, а напротив, открывает новые направления для научного поиска и клинического совершенствования.

Первое и наиболее очевидное направление дальнейших исследований связано с валидацией разработанной математической модели у тех категорий пациентов, которые были сознательно исключены из настоящего исследования ввиду особенностей дизайна, но которые представляют собой группы наивысшего клинического интереса с точки зрения риска аспирационных осложнений. Пациенты с морбидным ожирением заслуживают первоочередного внимания. Распространенность ожирения в популяции хирургических пациентов неуклонно растет, и по прогнозам Всемирной организации здравоохранения, к 2030 году до 50 процентов взрослого населения развитых стран будет иметь избыточную массу тела, а каждый четвертый — ожирение. При этом хорошо известно, что ожирение является независимым фактором риска аспирационных осложнений не только вследствие частого сопутствующего гастроэзофагеального рефлюкса и диафрагмальной грыжи, но и вследствие измененной моторики желудочно-кишечного тракта, в том числе замедленного опорожнения желудка.

Беременные женщины представляют собой вторую критически важную популяцию для дальнейших исследований. Акушерская анестезиология исторически рассматривается как арена наибольшего риска аспирационных осложнений, и, хотя частота аспирации в развитых странах снизилась, единичные случаи материнской смерти продолжают регистрироваться в национальных отчетах. Физиологическая беременность сопровождается существенными изменениями топографии желудочно-кишечного тракта: увеличенная матка смещает пилорический отдел краниально и дорсально, изменяется угол впадения пищевода в желудок, повышается внутрижелудочное давление. Необходимы

проспективные исследования, включающие беременных различных сроков, с верификацией объема желудочного содержимого референтными методами (МРТ или гастроскопическая аспирация).

Педиатрическая популяция требует отдельного рассмотрения. Ультразвуковая оценка желудка у детей имеет свои особенности: использование высокочастотных датчиков (6–13 МГц), необходимость индексации объема на массу тела (мл/кг), более высокая частота перистальтических сокращений, затрудняющая получение стандартизированного изображения в фазе покоя. Особый интерес представляет оценка применимости положения 15/15 у детей младшего возраста, учитывая анатомические особенности и невозможность активного участия ребенка в позиционировании.

Не менее важным направлением является исследование возможности использования ультразвуковой эластографии для дифференциальной диагностики характера желудочного содержимого. Твердые частицы и густые жидкости обладают иными эластическими свойствами, чем прозрачная жидкость, что потенциально может быть использовано для их идентификации и количественной оценки.

Современное развитие технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта открывает принципиально новые возможности для стандартизации и автоматизации ультразвуковой диагностики. Разработанная нами модель, основанная на измерении всего одного параметра — площади поперечного сечения антрального отдела, — является идеальным объектом для создания автоматизированных алгоритмов анализа изображений. Более отдаленная перспектива связана с интеграцией алгоритмов автоматической сегментации непосредственно в программное обеспечение ультразвуковых аппаратов. Современные ультразвуковые системы премиум-класса уже оснащаются функциями автоматического измерения различных анатомических структур (например, площади поперечного сечения сосудов, объема мочевого пузыря, фракции выброса левого желудочка). Внедрение аналогичной функции для антрального отдела желудка позволило бы врачу получать расчетный объем

желудочного содержимого в режиме реального времени, непосредственно во время сканирования, без необходимости дополнительных вычислений или обращения к мобильным приложениям.

Несмотря на высокую прогностическую точность разработанной нами модели ( $R^2 = 0,85$ ), остается 15 процентов вариабельности объема желудочного содержимого, которая не объясняется включенными в модель предикторами. Поиск новых ультразвуковых маркеров, которые могли бы дополнить модель и повысить ее точность, представляет собой самостоятельное научное направление.

Оценка перистальтической активности антрального отдела потенциально может дать дополнительную информацию о функциональном состоянии желудка. Известно, что частота и амплитуда перистальтических сокращений коррелируют со скоростью опорожнения желудка. Возможно, включение параметров перистальтики в прогностическую модель позволит более точно дифференцировать пациентов с замедленной эвакуацией и, соответственно, с более высоким риском наличия желудочного содержимого при формально соблюденном голодании.

Сопоставление ультразвуковых данных с результатами других методов исследования, таких как импеданс-рН-метрия, позволяющая выявлять гастроэзофагеальный рефлюкс, или гастромониторинг, позволяющий оценивать внутрижелудочное давление, может помочь в создании интегральных прогностических моделей, учитывающих множество факторов риска одновременно.

Таким образом, подводя итог анализу дальнейших перспектив разработки темы, следует подчеркнуть, что представленное диссертационное исследование, при всей его завершенности и научной новизне, следует рассматривать не как окончательное решение проблемы, а как важный этап на пути к созданию комплексной системы персонализированной оценки аспирационного риска в анестезиологии. Разработанная математическая модель и доказанная возможность ее применения в эргономически комфортном положении 15/15 создают надежный фундамент для дальнейших исследований, которые охватывают широкий спектр

направлений: от углубленного изучения патофизиологических механизмов и совершенствования диагностических алгоритмов до оценки клинической и экономической эффективности. Автор выражает надежду, что представленная работа послужит стимулом и основой для дальнейших исследований в этой важной и актуальной области анестезиологии и реаниматологии.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АД — артериальное давление
- Ао — аорта (анатомический ориентир при УЗИ)
- ДИ — доверительный интервал
- ИМТ — индекс массы тела
- ИПП — ингибиторы протонной помпы
- ЛМ — ларингеальная маска
- МРТ — магнитно-резонансная томография
- НПВ — нижняя полая вена
- ОРДС — острый респираторный дистресс-синдром
- ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии
- ППС — площадь поперечного сечения (антрального отдела желудка)
- УЗИ — ультразвуковое исследование
- ЧСС — частота сердечных сокращений
- ASA — American Society of Anesthesiologists (Американское общество анестезиологов)
- CSA — Cross-Sectional Area (площадь поперечного сечения)
- ESA — European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (Европейское общество анестезиологии и интенсивной терапии)
- I-AIM — Indication, Acquisition, Interpretation, Medical decision-making (алгоритм принятия решений при POCUS)
- ICC — Intraclass Correlation Coefficient (внутриклассовый коэффициент корреляции)
- IVC — inferior vena cava (нижняя полая вена)
- NAP4 — Fourth National Audit Project (4-й Национальный аудиторский проект Великобритании)
- PEG — polyethylenglycol (полиэтиленгликоль, маркер для исследования желудочного опорожнения)
- POCUS — Point-Of-Care Ultrasound (ультразвуковое исследование на месте)

оказания помощи)

PV — portal vein (воротная вена)

RLD — Right Lateral Decubitus (положение лежа на правом боку)

SD — стандартное отклонение

SMA — superior mesenteric artery (верхняя брыжеечная артерия)

SPSS — Statistical Package for the Social Science (статистический пакет для социальных наук)

TRIPOD+AI — Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis + Artificial Intelligence (руководство по представлению моделей прогнозирования)

VIF — Variance Inflation Factor (коэффициент инфляции дисперсии)

webAIRS — web-based Anaesthetic Incident Reporting System (Австралийская система регистрации инцидентов в анестезии)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспирационное острое повреждение легких у пострадавших с изолированной тяжелой черепно-мозговой травмой / Ю.А. Городовикова, В.В. Мороз, А.М. Голубев [и др.] // *Общая реаниматология*. – 2009. – Т. 5, №. 3. – С. 11–13. – DOI: 10.15360/1813-9779-2009-3-11.
2. Аспирационный синдром у гинекологической больной (клиническое наблюдение) / Н.А. Барковская, В.Я. Варганов, В.В. Пичугин, А.С. Захаров // *Тольяттинский медицинский консилиум*. – 2018. – № S1. – С. 96–100.
3. Диафрагмальная дисфункция у пациентов с хронической сердечной недостаточностью / В.С. Шабает, И.В. Оразмагомедова, В.А. Мазурок [и др.] // *Анестезиология и реаниматология*. – 2023. – № 5. – С. 44–51. – DOI: 10.17116/anaesthesiology202305144.
4. Национальный регистр послеоперационных исходов – RuSOS: протокол исследования / И.Б. Заболотских, А.А. Белкин, Е.В. Григорьев [и др.] // *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. – 2024. – № 1. – С. 158–167. – DOI: 10.21320/1818-474X-2024-1-158-167.
5. Периоперационная нутритивная поддержка. Методические рекомендации Федерации анестезиологов и реаниматологов / И.Н. Лейдерман, А.И. Грицан, И.Б. Заболотских [и др.] // *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. – 2021. – № 4. – С. 7–20. – DOI: 10.21320/1818-474X-2021-4-7-20.
6. Периоперационная респираторная поддержка и послеоперационные исходы: российское национальное эпидемиологическое исследование «РуВент-А»: протокол исследования / А.И. Ярошецкий, Н.В. Трэмбач, С.Г. Парванян [и др.] // *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова*. – 2025. – № 2. – С. 47–57. – DOI: 10.21320/1818-474X-2025-2-47-57.
7. Периоперационное ведение пациентов с дыхательной недостаточностью: методические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / И.Б. Заболотских,

- А.И. Грицан, М.Ю. Киров [и др.] // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2022. – № 4. – С. 7–23. – DOI: 10.21320/1818-474X-2022-4-7-23.
8. Процедура седация и анальгоседация взрослых пациентов при диагностической эзофагогастродуоденоскопии и колоноскопии. Методические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / Н.С. Давыдова, Р.Е. Лещенко, И.Б. Заболотских [и др.] // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2026. – № 1. – С. 20–43. – DOI: 10.21320/1818-474X-2026-1-20-43.
  9. Сонографические показатели диафрагмы и их корреляции со спирометрическими данными у здоровых лиц: проспективное клиническое исследование / В.С. Шабает, И.В. Оразмагомедова, В.А. Мазурок [и др.] // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2023. – № 2. – С. 91–101. – DOI: 10.21320/1818-474X-2023-2-91-101.
  10. Ультразвуковое исследование у постели больного / Н.Д. Сони, Р. Арнтфилд, П. Кори [и др.]; Перевод с англ. под редакцией Р.Е. Лахина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 696 с.
  11. Шифман, Е.М. Гиперергический аспирационный пневмонит (синдром Мендельсона) / Е.М. Шифман // Общая реаниматология. – 2006. – Т. 2, № 5–6. – С. 191–199.
  12. Эпидемиология неблагоприятных исходов в плановой абдоминальной хирургии: результаты проспективного наблюдательного многоцентрового исследования / И.Б. Заболотских, Т.С. Мусаева, Н.В. Трембач [и др.] // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2025. – № 3. – С. 51–63. – DOI: 10.21320/1818-474X-2025-3-51-63.
  13. 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting /

- G.P. Joshi, B.B. Abdelmalak, W.A. Weigel [et al.] // *Anesthesiology*. – 2023. – Vol. 138, № 2. – P. 132-151. – DOI: 10.1097/ALN.0000000000004381.
14. Ali Abdelhamid, Y. Peri-operative nutrition / Y. Ali Abdelhamid, M. J. Chapman, A.M. Deane // *Anaesthesia*. – 2016. – Vol. 71, Suppl. 1. – P. 9–18. – DOI: 10.1111/anae.13310.
  15. Anaesthesiologists' clinical judgment accuracy regarding preoperative full stomach: Diagnostic study in urgent surgical adult patients / L. Delamarre, M. Srairi, L. Bouvet [et al.] // *Anaesthesia, Critical Care & Pain Medicine*. – 2021. – Vol. 40, № 3. – P. 100092. – DOI: 10.1016/j.accpm.2021.100836
  16. Anesthesiologists' learning curves for bedside qualitative ultrasound assessment of gastric content: a cohort study / C. Arzola, J. C. A. Carvalho, J. Cubillos [et al.] // *Canadian Journal of Anesthesia*. – 2013. – Vol. 60, № 8. – P. 771–779. – DOI: 10.1007/s12630-013-9974-y.
  17. Aspiration during anaesthesia in the first 4000 incidents reported to webAIRS / M.T. Kluger, M.D. Culwick, M.R. Moore [et al.] // *Anaesthesia and Intensive Care*. – 2019. – Vol. 47, № 5. – P. 442–451. – DOI: 10.1177/0310057X19854456.
  18. Aspiration pneumonitis in an overdose population: frequency, predictors, and outcomes / G.K. Isbister, F. Downes, D. Sibbritt [et al.] // *Critical Care Medicine*. – 2004. – Vol. 32, № 1. – P. 88–93. – DOI: 10.1097/01.CCM.0000104207.42729.E4.
  19. Bartusch, O. Aspiration syndrome: epidemiology, pathophysiology, and therapy / O. Bartusch, M. Finkl, U. Jaschinski // *Anaesthesist*. – 2008. – Vol. 57, № 5. – P. 519–530. – DOI: 10.1007/s00101-008-1348-4.
  20. Bateman, D.N. Measurement of gastric emptying by real-time ultrasound / D.N. Bateman, T.A. Whittingham // *Gut*. – 1982. – Vol. 23, № 6. – P. 524–527. – DOI: 10.1136/gut.23.6.524.
  21. Bedside gastric ultrasonography in term pregnant women before elective cesarean delivery: a prospective cohort study / C. Arzola, A. Perlas, N.T. Siddiqui, C.A. Carvalho // *Anesthesia & Analgesia*. – 2015. – Vol. 121, № 3. – P. 752–758. – DOI: 10.1213/ANE.0000000000000818.

22. Bedside ultrasound assessment of gastric content: an observational study / J. Cubillos, C. Tse, V.W.S. Chan, A. Perlas // *Canadian Journal of Anesthesia*. – 2012. – Vol. 59, № 4. – P. 416–423. – DOI: 10.1007/s12630-011-9661-9.
23. Bouvet, L. Apport de l'échographie pour l'évaluation préopératoire du contenu gastrique = Contribution of ultrasonography for the preoperative assessment of gastric contents / L. Bouvet, D. Chassard // *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. – 2014. – Vol. 33, № 4. – P. 240–247. – DOI: 10.1016/j.annfar.2014.01.021.
24. Bouvet, L. Ultrasound assessment of gastric content in the obese patient: one more step for patient safety / L. Bouvet, D. Chassard // *Anesthesia & Analgesia*. – 2014. – Vol. 119, № 5. – P. 1017–1018. – DOI: 10.1213/ANE.0000000000000403.
25. Bridging the gap: understanding Belgian anesthesiologists' proficiency and training demands in gastric point-of-care ultrasound, a case-based survey / A. Maseri, Q. Delhez, A.S. Dincq, D. Lacrosse // *BMC medical education*. – 2024. – Vol. 24, № 1. – P. 383. – DOI: 10.1186/s12909-024-05359-5.
26. Carp, H. Ultrasound examination of the stomach contents of parturients / H. Carp, A. Jayaram, M. Stoll // *Anesthesia & Analgesia*. – 1992. – Vol. 74, № 5. – P. 683–687. – DOI: 10.1213/00000539-199205000-00011.
27. Change in anaesthetic practice for Caesarean section in Germany / U.M. Stamer, A. Wulf, M. Stüber [et al.] // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 2005. – Vol. 49, № 2. – P. 170–176. – DOI: 10.1111/j.1399-6576.2004.00583.x.
28. Clinical assessment of the ultrasonographic measurement of antral area for estimating preoperative gastric content and volume / L. Bouvet, J.X. Mazoit, D. Chassard [et al.] // *Anesthesiology*. – 2011. – Vol. 114, № 5. – P. 1086–1092. – DOI: 10.1097/ALN.0b013e31820dee48.
29. Comparison of applied potential tomography and impedance epigastrography as methods of measuring gastric emptying / Y.F. Mangnall, C. Barnish, B.H. Brown [et al.] // *Clinical Physics and Physiological Measurement*. – 1988. – Vol. 9, № 3. – P. 249–254. – DOI: 10.1088/0143-0815/9/3/004.
30. Correlation between simultaneous scintigraphic and ultrasonographic measurement

- of gastric emptying in patients with type 1 diabetes mellitus / G. Darwiche, O. Björgell, O. Thorsson, L.O. Almér // *Journal of Ultrasound in Medicine*. – 2003. – Vol. 22, № 5. – P. 459-66. – DOI: 10.7863/jum.2003.22.5.459.
31. Could a single standardized ultrasonographic measurement of antral area be of interest for assessing gastric contents? A preliminary report. / L. Bouvet, A. Miquel, D. Chassard [et al.] // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2009. – Vol. 26, № 12. – P. 1015–1019. – DOI: 10.1097/EJA.0b013e32833161fd.
  32. Crisis management during anaesthesia: regurgitation, vomiting, and aspiration / M.T. Kluger, T. Visvanathan, J.A. Myburgh, R.N. Westhorpe // *Quality and Safety in Health Care*. – 2005. – Vol. 14, № 3. – P. e4. – DOI: 10.1136/qshc.2002.004259.
  33. Determining residual gastric volume in healthy children using ultrasound / T. Sander, K. Urmson, L. Langford [et al.] // *Canadian Journal of Anesthesia*. – 2023. – Vol. 70, № 8. – P. 1323–1329. – DOI: 10.1007/s12630-023-02526-y.
  34. Effect of body position on qualitative and quantitative ultrasound assessment of gastric fluid contents / L. Bouvet, S. Barnoud, M.L. Desgranges, D. Chassard [et al.] // *Anaesthesia*. – 2019. – Vol. 74, № 7. – P. 862–867. – DOI: 10.1111/anae.14664.
  35. Fasting volume and acidity of stomach contents associated with gastrointestinal symptoms / J.G. Brock-Utne, M.G. Moshal, J.W. Downing [et al.] // *Anaesthesia*. – 1977. – Vol. 32, № 8. – P. 749–752. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.1977.tb10075.x.
  36. Frykholm, P. Preoperative fasting in children. The evolution of recommendations and guidelines, and the underlying evidence / P. Frykholm, T.G. Hansen, T. Engelhardt // *Best practice & research. Clinical anaesthesiology*. – 2024. – Vol. 38, № 2. – P. 103–110. – DOI: 10.1016/j.bpa.2024.03.003.
  37. Gastric emptying and small bowel transit times in volunteers after intravenous morphine and nalbuphine / H. Yukioka, M. Rosen, K.T. Evans [et al.] // *Anaesthesia*. – 1987. – Vol. 42, № 7. – P. 704–710. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.1987.tb05314.x.
  38. Gastric emptying in diabetes: clinical significance and treatment / M. Horowitz, D.

- O'Donovan, K. L. Jones [et al.] // *Diabetic Medicine*. – 2002. – Vol. 19, № 3. – P. 177–194. – DOI: 10.1046/j.1464-5491.2002.00658.x.
39. Gastric emptying is slower in women than men with type 2 diabetes and impacts on postprandial glycaemia. / C. Xiang, Y. Sun, Y. Luo [et al.] // *Diabetes Obes Metab*. – 2024. – Vol. 26, № 8. – P. 3119–3127. – DOI: 10.1111/dom.15635.
40. Gastric emptying of a light hospital breakfast Gastric emptying of a light hospital breakfast. A study using real time ultrasonography / E. Søreide, T. Hausken, J.A. Søreide, P.A. Steen // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 1996. – Vol. 40, № 5. – P. 549–553. – DOI: 10.1111/j.1399-6576.1996.tb04486.x.
41. Gastric emptying of a solid-liquid meal measured with <sup>13</sup>C octanoic acid breath test and real-time ultrasonography: a comparative study / G. Cappello, M.G. Malatesta, A. Ferri [et al.] // *American Journal of Gastroenterology*. – 2000. – Vol. 95, № 11. – P. 3097–3100. – DOI: 10.1111/j.1572-0241.2000.03255.x.
42. Gastric point-of-care ultrasound (PoCUS) during pregnancy and the postpartum period: a systematic review / R. Howle, P. Sultan, R. Shah [et al.] // *International Journal of Obstetric Anesthesia*. – 2020. – Vol. 44. – P. 24–32. – DOI: 10.1016/j.ijoa.2020.05.005.
43. Gastric sonography in the fasted surgical patient: a prospective descriptive study / A. Perlas, L. Davis, M. Khan [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 2011. – Vol. 113, № 1. – P. 93–97. – DOI: 10.1213/ANE.0b013e31821b98c0.
44. Gastric ultrasound as a preoperative bedside test for residual gastric contents volume in children / A. Schmitz, A.R. Schmidt, P.K. Buehler [et al.] // *Paediatric Anaesthesia*. – 2016. – Vol. 26, № 12. – P. 1157–1164. – DOI: 10.1111/pan.12993.
45. Gastric Ultrasound for the Regional Anesthesiologist and Pain Specialist / S.C. Haskins, R. Kruisselbrink, J. Boublik [et al.] // *Regional Anesthesia and Pain Medicine*. – 2018. – Vol. 43, № 7. – P. 689–698. – DOI: 10.1097/AAP.0000000000000846.
46. Gastric ultrasound in the third trimester of pregnancy: a randomised controlled trial to develop a predictive model of volume assessment / C. Arzola, A. Perlas,

- N.T. Siddiqui [et al.] // *Anaesthesia*. – 2018. – Vol. 73, № 3. – P. 295–303. – DOI: 10.1111/anae.14131.
47. Gastroesophageal reflux in intubated patients receiving enteral nutrition: effect of supine and semirecumbent positions / J. Ibáñez, A. Peñafiel, J.M. Raurich [et al.] // *JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. – 1992. – Vol. 16, № 5. – P. 419–422. – DOI: 10.1177/0148607192016005419.
48. Gomes, H. Ultrasonography and gastric emptying in children: validation of a sonographic method and determination of physiological and pathological patterns / H. Gomes, P. Hornoy, J.C. Liehn // *Pediatric Radiology*. – 2003. – Vol. 33, № 8. – P. 522–529. – DOI: 10.1007/s00247-003-0954-1.
49. Green, S.M. Pulmonary aspiration during procedural sedation: a comprehensive systematic review / S.M. Green, K.P. Mason, B.S. Krauss // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 344–354. – DOI: 10.1093/bja/aex004//
50. Hveem, K. Ultrasonographic assessment of fasting liquid content in the human stomach / K. Hveem, T. Hausken, A. Berstad // *Scandinavian Journal of Gastroenterology*. – 1994. – Vol. 29, № 9. – P. 786–789. – DOI: 10.3109/00365529409092511.
51. I-AIM framework for point-of-care gastric ultrasound / A. Perlas, P. Van de Putte, P. Van Houwe, V.W. Chan // *British Journal of Anaesthesia*. – 2016. – Vol. 116, № 1. – P. 7–11. – DOI: 10.1093/bja/aev113.
52. Incidence and cost of pneumonia in medicare beneficiaries / C.P. Thomas, M. Ryan, J.D. Chapman [et al.] // *Chest*. – 2012. – Vol. 142, № 4. – P. 973–981. – DOI: 10.1378/chest.11-1160.
53. Incidence of regurgitation and pulmonary aspiration of gastric contents in survivors from out-of-hospital cardiac arrest / I. Virkkunen, S. Ryyänen, S. Kujala [et al.] // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 2007. – Vol. 51, № 2. – P. 202–205. – DOI: 10.1111/j.1399-6576.2006.01229.x.
54. Interrater reliability of qualitative ultrasound assessment of gastric content in the third trimester of pregnancy / C. Arzola, J.C.A. Carvalho, J. Cubillos [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2014. – Vol. 113, № 6. – P. 1018–1023.

55. Interventions at caesarean Interventions at caesarean section for reducing the risk of aspiration pneumonitis / S. Paranjothy, J.D. Griffiths, H.K. Broughton [et al.] // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2014. – Vol. 2014, № 2. – CD004943. – DOI: 10.1002/14651858.CD004943.pub4.
56. Intra- and interrater Intra- and interrater reliability of ultrasound assessment of gastric volume / R. Kruisselbrink, C. Arzola, R. Endersby [et al.] // *Anesthesiology*. – 2014. – Vol. 121, № 1. – P. 46–51.
57. Juliá-Romero, C. Gastric POCUS, an emergent tool in the assessment of perioperative fasting: Narrative review / C. Juliá-Romero, C. Palau-Martí, A. Tejedor-Bosqued // *Revista Española de Anestesiología y Reanimación (English Edition)*. – 2025. – Vol. 72, № 3. – P. 501655. – DOI: 10.1016/j.redare.2024. 501655.
58. Kar Man Chan, L. Gastric ultrasound: Enhancing preoperative risk assessment and patient safety / L. Kar Man Chan // *Journal of Perioperative Practice*. – 2025. – Vol. 35, № 11. – P. 501–503. – DOI: 10.1177/17504589241302220
59. Lutz, H. Ultraschalldiagnostik der Magenwand--experimentelle Untersuchungen [Ultrasound diagnosis of the stomach wall – experimental studies] / H. Lutz, U. Bauer, M. Stolte // *Ultraschall in der Medizin*. – 1986. – Bd. 7, № 6. – S. 255–258. – (in German). – DOI: 10.1055/s-2007-1013961.
60. Maganti, K. Oral erythromycin and symptomatic relief of gastroparesis: a systematic review / K. Maganti, K. Onyemere, M.P. Jones // *American Journal of Gastroenterology*. – 2003. – Vol. 98, № 2. – P. 259–263. – DOI: 10.1111/j.1572-0241.2003.
61. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia / T.M. Cook, N. Woodall, C. Frerk; Fourth National Audit Project // *British Journal of Anaesth.* – 2011. – Vol. 106, № 5. – P. 617–631. – DOI: 10.1093/bja/aer058.
62. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult

- Airway Society. Part 2: intensive care and emergency departments / T.M. Cook, N. Woodall, J. Harper [et al.] // *Br J Anaesth.* – 2011. – Vol. 106, № 15. – P. 632–642. – DOI: 10.1093/bja/aer059.
63. McIntyre, J.W. Evolution of 20<sup>th</sup> century attitudes to prophylaxis of pulmonary aspiration during anaesthesia / J.W. McIntyre // *Canadian Journal of Anesthesia.* – 1998. – Vol. 45, № 10. – P. 1024–1030. – DOI: 10.1007/BF03012312.
  64. Measurement of gastric emptying by standardized real-time ultrasonography in healthy subjects and diabetic patients / G. Darwiche, L.O. Almér, G. Björgell [et al.] // *Journal of Ultrasound in Medicine.* – 1999. – Vol. 18, № 10. – P. 673–682.
  65. Measurement of gastric emptying time by real-time ultrasonography / L. Bolondi, M. Bortolotti, V. Santi [et al.] // *Gastroenterology.* – 1985. – Vol. 89, № 4. – P. 752–759.
  66. Mendelson, C.L. The aspiration of stomach contents into the lungs during obstetric anesthesia / C.L. Mendelson // *American Journal of Obstetrics and Gynecology.* – 1946. – Vol. 52, № 2. – P. 191–205. – DOI: 10.1016/s0002-9378(16)39829-5.
  67. Nasogastric intubation causes gastroesophageal reflux in patients undergoing elective laparotomy / B.J. Manning, D.C. Winter, G. McGreal [et al.] // *Surgery.* – 2001. – Vol. 130, № 5. – P. 788–791.
  68. Nason, K.S. Acute Intraoperative Pulmonary Aspiration / K.S. Nason // *Thoracic Surgery Clinics.* – 2015. – Vol. 25, № 3. – P. 301–307.
  69. Neilipovitz, D.T. No evidence for decreased incidence of aspiration after rapid sequence induction / D.T. Neilipovitz, E.T. Crosby // *Canadian Journal of Anesthesia.* – 2007. – Vol. 54, № 9. – P. 748–764. – DOI: 10.1007/BF03026872.
  70. Newell, S.J. Ultrasonic assessment of gastric emptying in the preterm infant / S.J. Newell, S. Chapman, I.W. Booth // *Archives of Disease in Childhood.* – 1993. – Vol. 69, № 1 Spec No. – P. 32–36. – DOI: 10.1136/adc.69.1\_spec\_no.32.
  71. Olsson, G.L. Aspiration during anaesthesia: a computer-aided study of 185,358 anaesthetics / G.L. Olsson, B. Hallen, K. Hambraeus-Jonzon // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica.* – 1986. – Vol. 30, № 1. – P. 84–92.
  72. Perioperative fasting and feeding in adults, obstetric, paediatric and bariatric

- population: Practice Guidelines from the Indian Society of Anaesthesiologists / P.A. Dongare, S.B. Bhaskar, S.S. Harsoor [et al.] // *Indian Journal of Anaesthesia*. – 2020. – Vol. 64, № 7. – P. 556–584. – DOI: 10.4103/ija.IJA\_735\_20.
73. Perioperative pulmonary aspiration and regurgitation without aspiration in adults: a retrospective observational study of 166,491 anesthesia records / J. Sun, G. Wei, L. Hu [et al.] // *Annals of Palliative Medicine*. – 2021. – Vol. 10, № 4. – P. 4037–4046. – DOI: 10.21037/apm-20-2382.
74. Perlas, A. Point-of-care gastric ultrasound and aspiration risk assessment: a narrative review / A. Perlas, C. Arzola, P. Van de Putte // *Canadian Journal of Anesthesia*. – 2018. – Vol. 65, № 4. – P. 437–448. – DOI: 10.1007/s12630-017-1031-9.
75. Perlas, A. Pulmonary Aspiration of Gastric Contents: Can We Improve Patient Outcomes? / A. Perlas, C. Arzola // *Anesthesiology*. – 2021. – Vol. 135, № 2. – P. 209–211.
76. Petring, O.U. Gastric emptying in adults: an overview related to anaesthesia / O.U. Petring, D.W. Blake // *Anaesthesia and Intensive Care*. – 1993. – Vol. 21, № 6. – P. 774–781. – DOI: 10.1177/0310057X9302100605.
77. Point-of-care ultrasound defines gastric content and changes the anesthetic management of elective surgical patients who have not followed fasting instructions: a prospective case series / H. Alakkad, R. Kruisselbrink, K.J. Chin [et al.] // *Canadian Jour. Anaesth.* – 2015. – Vol. 62, № 11. – P. 1188–1195. – DOI: 10.1007/s12630-015-0449-1.
78. Practice Guidelines for Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to Reduce the Risk of Pulmonary Aspiration: Application to Healthy Patients Undergoing Elective Procedures: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to Reduce the Risk of Pulmonary Aspiration // *Anesthesiology*. – 2017. – Vol. 126, № 3. – P. 376–393. – DOI: 10.1097/ALN.0000000000001452.

79. Practices of rapid sequence induction for prevention of aspiration – an international declarative survey / I. Ben-Naoui, V. Compère, T. Clavier, E. Besnier // *Journal of Clinical Medicine*. – 2025. – Vol. 14, № 7. – P. 2177. – DOI: 10.3390/jcm14072177.
80. Preoperative Fasting Practices Across Three Anesthesia Societies: Survey of Practitioners / R.N. Merchant, N. Chima, O. Ljungqvist, J.N.J. Kok // *JMIR Perioperative Medicine*. – 2020. – Vol. 3, № 1. – P. e15905. – DOI: 10.2196/15905.
81. Pre-operative gastric ultrasound in patients at risk of pulmonary aspiration: a prospective observational cohort study / S.J. Baettig, M.G. Filipovic, M. Hebeisen [et al.] // *Anaesthesia*. – 2023. – Vol. 78, № 11. – P. 1327–1337.
82. Prevalence and factors predictive of full stomach in elective and emergency surgical patients: a prospective cohort study / L. Bouvet, F.P. Desgranges, C. Aubergé [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 372–379.
83. Pulmonary Aspiration of Gastric Contents: A Closed Claims Analysis / M.A. Warner, K.L. Meyerhoff, M.E. Warner [et al.] // *Anesthesiology*. – 2021. – Vol. 135, № 2. – P. 284–291.
84. Qualitative and quantitative gastric ultrasound assessment in highly skilled regional anesthesiologists / R. Tankul, P. Halilamien, S. Tangwiwat [et al.] // *BMC anesthesiology*. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 5. – DOI: 10.1186/s12871-021-01550-z.
85. Quantitative evaluation of gastric contents using ultrasound / T. Fujigaki, M. Fukusaki, H. Nakamura [et al.] // *Journal of Clinical Anesthesia*. – 1993. – Vol. 5, № 6. – P. 451–455.
86. Rayner, C.K. Physiology of the ageing gut / C.K. Rayner, M. Horowitz // *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. – 2013. – Vol. 16, № 1. – P. 33–38.
87. Read, N.W. Physiology of gastric emptying and pathophysiology of gastroparesis / N.W. Read, L.A. Houghton // *Gastroenterology Clinics of North America*. –

1989. – Vol. 18, № 2. – P. 359–373. – DOI: 10.1016/S0889-8553(21)00433-6.
88. Real time ultrasonography of the gastric antrum / R. Ricci, I. Bontempo, E. Corazziari [et al.] // *Gut*. – 1993. – Vol. 34, № 2. – P. 173–176.
89. Relationship between gastrointestinal and extra-gastrointestinal symptoms and delayed gastric emptying in functional dyspeptic patients / N. Pallotta, P. Pezzotti, E. Calabrese [et al.] // *World Journal of Gastroenterology*. – 2005. – Vol. 11, № 28. – P. 4.
90. Relationship of the motor activity of the antrum, pylorus, and duodenum to gastric emptying of a solid-liquid mixed meal / L.A. Houghton, N.W. Read, R. Heddle [et al.] // *Gastroenterology*. – 1988. – Vol. 94, № 6. – P. 1285–1291.
91. Reliability and interobserver variability of ultrasonographic measurement of gastric emptying rate / E.J. Irvine, G. Tougas, R. Lappalainen, N.C. Bathurst // *Digestive Diseases and Sciences*. – 1993. – Vol. 38, № 5. – P. 803–810. – DOI: 10.1007/BF01295904
92. Reliability of gastric suctioning compared with ultrasound assessment of residual gastric volume: a prospective multicentre cohort study / L. Bouvet, A.M. Zieleskiewicz, D. Chassard [et al.] // *Anaesthesia*. – 2020. – Vol. 75, № 3. – P. 323–330.
93. Reproducibility and simplification Reproducibility and simplification of <sup>13</sup>C-octanoic acid breath test for gastric emptying of solids / M.G. Choi, M. Camilleri, D.D. Burton [et al.] // *The American Journal of Gastroenterology*. – 1998. – Vol. 93, № 1. – P. 92–98.
94. Risk of community-acquired pneumonia with outpatient proton-pump inhibitor therapy: a systematic review and meta-analysis / A.A. Lambert, K.R. Lam, D.R. Paik [et al.] // *PLoS ONE*. – 2015. – Vol. 10, № 6. – P. e0128004. – DOI: 10.1371/journal.pone.0128004.
95. Robinson, M. Aspiration under anaesthesia: Risk assessment and decision-making / M. Robinson, A. Davidson // *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*. – 2014. – Vol. 14, № 4. – P. 171–175. – DOI: 10.1093/bjaceaccp/mkt053.

96. Runge, E. Nasogastric Tube-Induced Catastrophic Airway Compromise Due to a Large Blood Clot / E. Runge, S. Mohammed, M. Kioka // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15, № 1. – P. e34472. – DOI: 10.7759/cureus.34472.
97. Salik, I. Mendelson Syndrome [Электронный ресурс] / I. Salik, T. M. Doherty. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535424/>.
98. Sanaka, M. Effects of proton pump inhibitors on gastric emptying: a systematic review / M. Sanaka, T. Yamamoto, Y. Kuyama // *Digestive Diseases and Sciences*. – 2010. – Vol. 55, № 9. – P. 2431–2440. – DOI: 10.1007/s10620-009-1076-x.
99. Sanivarapu, R.R. Aspiration Pneumonia [Электронный ресурс] / R.R. Sanivarapu, S. Vaqar, J. Gibson. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470166/>.
100. Spencer, A.O. Antral sonography in the paediatric patient: can transducer choice affect the view? / A.O. Spencer, A.M. Walker // *British Journal of Anaesthesia*. – 2015. – Vol. 114, № 6. – P. 1002–1003. – DOI: <https://doi.org/10.1093/bja/aev122>.
101. The ageing gastrointestinal tract / S. Soenen, C.K. Rayner, K.L. Jones, M. Horowitz // *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. – 2016. – Vol. 19, № 1. – P. 12–18. – DOI: 10.1097/MCO.0000000000000238.
102. The incidence and outcome of perioperative pulmonary aspiration in a university hospital: a 4-year retrospective analysis / T. Sakai, R.M. Planinsic, J.J. Quinlan [et al.] // *Anesthesia and Analgesia*. – 2006. – Vol. 103, № 4. – P. 941–947.
103. The time course of gastric pH changes induced by omeprazole and ranitidine: a 24-hour dose-response study / P.G. Atanassoff, S.J. Brull, B.M. Weiss [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 1995. – Vol. 80, № 5. – P. 975–979.
104. Thorburn, J. Antacid therapy for emergency caesarean section / J. Thorburn, D.D. Moir // *Anaesthesia*. – 1987. – Vol. 42, № 4. – P. 352–355. – DOI: 10.1111/j.1365-2044.1987.tb03973.x.
105. Tracheobronchial aspiration of gastric contents in critically ill tube-fed patients: frequency, outcomes, and risk factors / N.A. Metheny, R.E. Clouse, Y.H. Chang

- [et al.] // *Critical Care Medicine*. – 2006. – Vol. 34, № 4. – P. 1007–1015.
106. Trends in healthcare utilization and costs associated with pneumonia in the United States during 2008–2014 / S. Tong, C. Amand, A. Kieffer, H.K. Moe // *BMC Health Services Research*. – 2018. – Vol. 18, № 1. – P. 715. – DOI: 10.1186/s12913-018-3529-4.
107. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods / G.S. Collins, K.G.M. Moons, P. Dhiman [et al.] // *BMJ*. – 2024. – Vol. 385. – P. e078378. – DOI: 10.1136/bmj.q902.
108. Ultrasonographic assessment of intragastric volume in neonates: factors affecting the relationship between intragastric volume and antral cross-sectional area / T. Tomomasa, M. Tabata, Y. Nako [et al.] // *Pediatric Radiology*. – 1996. – Vol. 26, № 11. – P. 815–820. – DOI: 10.1007/BF01396208.
109. Ultrasonographic assessment of metoclopramide administration effectiveness in accelerating gastric emptying before urgent surgery in patients with insufficient NPO time / S. Sayyadi, M. Raoufi, A. Arhami Dolatabadi [et al.] // *Anesth Pain Med*. – 2020. – Vol. 10, № 5. – P. e107331. – DOI: 10.5812/aapm.107331.
110. Ultrasonographic assessment of preoperative gastric volume in patients with dyspepsia: a prospective observational study / Y. Tan, X. Wang, H. Yang [et al.] // *BMC Anesthesiology*. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 21. – DOI: 10.1186/s12871-021-01559-4.
111. Ultrasonographic evaluation of gastric content and volume in pediatric patients undergoing elective surgery: a prospective observational study / A. Demirel, S.E. Özgünay, S. Eminoglu [et al.] // *Children (Basel)*. – 2023. – Vol. 10, № 9. – P. 1432. – DOI: 10.3390/children10091432.
112. Ultrasonographic gastric antral area and gastric contents volume in children / A. Schmitz, S. Thomas, F. Melanie [et al.] // *Paediatric Anaesthesia*. – 2012. – Vol. 22, № 2. – P. 144–149. – DOI: 10.1111/j.1460-9592.2011.03718.x.
113. Ultrasound assessment of gastric content and volume / A. Perlas, V.W. Chan, C.M. Lupu [et al.] // *Anesthesiology*. – 2009. – Vol. 111, № 1. – P. 82–89. – DOI:

- 10.1097/ALN.0b013e3181a97250.
114. Ultrasound assessment of gastric contents at the end of pregnancy / F.P. Desgranges, D. Chassard, L. Zieleskiewicz, L. Bouvet // *International Journal of Obstetric Anesthesia*. – 2018. – Vol. 35. – P. 116–117. – DOI: 10.1016/j.ijoa.2018.03.007.
  115. Ultrasound assessment of gastric volume in severely obese individuals: a validation study / R. Kruisselbrink, C. Arzola, R. Endersby [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 1. – P. 77–82.
  116. Ultrasound assessment of gastric volumes of thick fluids: Validating a prediction model / M.C.T. Tacke, W.A. van Klei, L.M. van Dusseldorp [et al.] // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2021. – Vol. 38, № 12. – P. 1223–1229.
  117. Ultrasound examination of the antrum to predict gastric content volume in the third trimester of pregnancy as assessed by MRI: a prospective cohort study / M. Roukhomovsky, L. Zieleskiewicz, A. Diaz [et al.] // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2018. – Vol. 35, № 5. – P. 379–389. – DOI: 10.1097/EJA.0000000000000749.
  118. Ultrasound to guide the individual medical decision by evaluating the gastric contents and risk of aspiration: A literature review / G. Zhang, X. Huang, Y. Shao [et al.] // *Asian Journal of Surgery*. – 2020. – Vol. 43, № 12. – P. 1142–1148.
  119. Ultrasound-guided estimation of gastric residual volume using Perlas's formula: a validation study in patients / S.S. Khandekar, J.R. Doctor, S.K. Awaskar [et al.] // *Indian Journal of Anaesthesia*. – 2022. – Vol. 66, № 4. – P. 255–259.
  120. Validation of a mathematical model for ultrasound assessment of gastric volume by gastroscopic examination / A. Perlas, N. Mitsakakis, L. Liu [et al.] // *Anesthesia & Analgesia*. – 2013. – Vol. 116, № 2. – P. 357–363.
  121. Van de Putte, P. Gastric sonography in the severely obese surgical patient: a feasibility study / P. Van de Putte, A. Perlas // *Anesthesia & Analgesia*. – 2014. – Vol. 119, № 5. – P. 1105–1110. – DOI: 10.1213/ANE.0000000000000373.
  122. Van de Putte, P. Ultrasound assessment of gastric content and volume / P. Van de Putte, A. Perlas // *British Journal of Anaesthesia*. – 2014. – Vol. 113, № 1. – P. 12–

22. – DOI: 10.1093/bja/aeu151.
123. Warner, M.A. Clinical significance of pulmonary aspiration during the perioperative period / M.A. Warner, M.E. Warner, J.G. Weber // *Anesthesiology*. – 1993. – Vol. 78, № 1. – P. 56–62. – DOI: 10.1097/00000542-199301000-00010.
124. Warner, M.E. Risks and outcomes of perioperative pulmonary aspiration / M.E. Warner // *Journal of Perianesthesia Nursing*. – 1997. – Vol. 12, № 5. – P. 352–357. – DOI: 10.1016/S1089-9472(97)80054-8.
125. When fasted is not empty: a retrospective cohort study of gastric content in fasted surgical patients / P. Van de Putte, L. Vernieuwe, A. Jerjir [et al.] // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 363–371.
126. Yip, A. Interventions Aimed at Reducing Fasting Times in Acute Hospital Patients: A Systematic Literature Review / A. Yip, S. Hogan, S. Carey // *Nutrition in Clinical Practice*. – 2021. – Vol. 36, № 1. – P. 133–152. – DOI: 10.1002/ncp.10579.
127. Zieleskiewicz, L. Diagnostic point-of-care ultrasound: applications in obstetric anaesthetic management / L. Zieleskiewicz, L. Bouvet, S. Einav [et al.] // *Anaesthesia*. – 2018. – Vol. 73, № 10. – P. 1265–1279. – DOI: 10.1111/anae.14354.

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1 – Сагиттальный срез, включающий антральный отдел желудка, левую долю печени, аорту и (sma): верхнюю брыжеечную артерию, ivc: нижняя полая вена, pv: воротная вена. (цитировано по S. Newell и соавт. (1993) [70]) ..... 30

Рисунок 2 – Стандартизированная плоскость сканирования для количественной оценки объема желудка. А. Сагиттальная сонограмма антрального отдела желудка. В. Схематическое изображение сагиттальной соноанатомии. А = антральный отдел; L = печень; P = поджелудочная железа; SMA = верхняя брыжеечная артерия; Ao = аорта. (адаптировано из J. Cubillos и соавт. (2012) [22]) ..... 30

Рисунок 3– Общий дизайн диссертационного исследования..... 46

Рисунок 4 – Пример положения пациента на операционном столе при проведении ультразвукового исследования желудка. А – горизонтальное положение на спине. В – положение лежа на правом боку (положение 90). С – положение пациента с подъемом головного конца операционного стола на 15° и наклоне на правую сторону 15° (положение 15/15), вид сбоку. D – положение пациента с подъемом головного конца операционного стола на 30° и наклоне на правую сторону 30° (положение 30/30), вид сбоку. .... 47

Рисунок 5 – Ультразвуковая картина и схема ориентиров основных ультразвуковых признаков. А – ультразвуковой признак пустого желудка. В – ультразвуковой признак плотной пищи в ранней фазе пищеварения. С – ультразвуковой признак плотной пищи в поздней фазе пищеварения. D – ультразвуковой признак прозрачной жидкости. А - анtrum; Ao - аорта; D - ультразвуковой признак «звездной ночи»). Диафрагма; L - печень; P - поджелудочная железа; R - мышца rectus abdominis; Sma - верхняя брыжеечная артерия [43, 74] ..... 49

Рисунок 6 – Пример свободной трассировки антрального отдела желудка. А – прозрачное содержимое. В – прозрачное содержимое с гиперэхогенными

включениями (признак «звездной ночи»). А – антральный отдел желудка, Ао – Аорта.....	50
Рисунок 7 – Дизайн исследования наличия содержимого в желудке перед операцией .....	52
Рисунок 8 – Алгоритм отбора пациентов для разработки формулы ультразвуковой оценки объема желудка .....	54
Рисунок 9 – Ультразвуковые изображения признаков пустого желудка (А) и желудка после приема 200 мл прозрачной жидкости (В) .....	66
Рисунок 10 – Нормальный Р-Р график стандартизованных остатков демонстрирует, что распределение остатков достаточно хорошо аппроксимируется нормальным распределением.....	68
Рисунок 11 – Диаграмма рассеяния стандартизованного предсказанного значения и стандартизованного остатка показывает гомогенность дисперсии случайной ошибки.....	69
Рисунок 12 – U-критерий Манна-Уитни для независимых выборок показывает скошенность выборки и равномерность распределения рангов .....	70
Рисунок 13 – Рассчитанный объем желудка .....	72
Рисунок 14 – А - Ультразвуковые признаки пустого желудка, В - прозрачной жидкости и пример обводки для проведения расчетов .....	75

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 – Компоненты стратегии диссертационного исследования.....	14
Таблица 2 – Методы исследования моторно-эвакуаторной функции желудка [29, 93].....	27
Таблица 3 – Основные характеристики пациентов расширенной когорты (n=100).....	59
Таблица 4 – Общая характеристика пациентов.....	62
Таблица 5 – Сроки последнего приема пищи и жидкости.....	63
Таблица 6 – Тип содержимого желудка у плановых и экстренных пациентов.....	63
Таблица 7 – Демографические данные пациентов и результаты УЗИ.....	65
Таблица 8 – Показатели корреляции предикторов регрессионной модели.....	66
Таблица 9 – Показатели регрессионной модели.....	67
Таблица 10 – Показатели антрального отдела желудка на различных этапах исследования (Me (Q1; Q3)).....	72
Таблица 11 – Основные характеристики пациентов.....	73
Таблица 12 – Показатели УЗИ желудка.....	74
Таблица 13 – Распределение пациентов по качественным признакам желудочного содержимого и категориям риска (n=100).....	76
Таблица 14 – Результаты количественной оценки объема желудочного содержимого у пациентов с признаком прозрачной жидкости (n=49).....	77
Таблица 15 – Распределение пациентов с прозрачной жидкостью по объему желудочного содержимого и соответствующей категории риска (n=49).....	78
Таблица 16 – Итоговое распределение пациентов по категориям риска аспирации (n=100).....	79
Таблица 17 – Тактика анестезиологического обеспечения в зависимости от категории риска аспирации.....	80
Таблица 18 – Качественная оценка желудочного содержимого.....	101
Таблица 19 – Стратификация риска аспирации.....	102