

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

БЕСЕДИНА

Екатерина Андреевна

**РОЛЬ РЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА
В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМОЙ
ГРУДНОЙ КЛЕТКИ В ПЕРИОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ**

3.1.12. — Анестезиология и реаниматология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель –
доктор медицинских наук, профессор
Давыдова Надежда Степановна

Екатеринбург—2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ХИРУРГИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМЕ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ.....	11
1.1. Патолофизиологические аспекты травмы грудной клетки с множественными переломами ребер.....	12
1.2. Предикторы неблагоприятного исхода у пациентов с травмой грудной клетки.....	14
1.3. Общие принципы лечения пациентов с травмой грудной клетки.....	16
1.4. Хирургическая стабилизация у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.....	18
1.5. Респираторная поддержка у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.....	20
1.6. Измерение и применение на практике внутрипищеводного и транспульмонального давления как метода персонификации респираторной поддержки.....	23
Резюме.....	27
Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	28
2.1. Общая характеристика исследования.....	28
2.2. Дизайн исследования.....	29
2.3. Характеристика методов исследования.....	31
2.3.1. Респираторная поддержка и оценка биомеханики дыхания...	33
2.3.2. Характеристика методов интенсивной терапии пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.....	38
2.3.3. Хирургическое лечение.....	42

2.3.4. Анестезиологическое обеспечение операций хирургической стабилизации множественных переломов ребер.....	43
2.3.5. Особенности искусственной вентиляции легких у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.....	46
2.4. Методы статистического анализа.....	47
Глава 3. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМОЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ В РАННЕМ ПЕРИОДЕ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ.....	49
3.1. Оценка влияния догоспитального времени, возраста, сочетанной патологии и тяжести состояния при поступлении у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки на прогноз критического состояния.....	49
3.2. Оценка изменений в показателях общего анализа крови, биохимии, кислотно-основного состояния и системы гемостаза у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации.....	52
3.3. Поиск предикторов коагулопатии у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации.....	57
3.4. Оценка биомеханики дыхания у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки, переведенных на искусственную вентиляцию легких в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации.....	60
Резюме.....	61
Глава 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ НА ОСНОВЕ РЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА В ПЕРИОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМОЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ.....	63

4.1. Влияние оперативного восстановления каркасности грудной клетки и установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на биомеханику дыхания пациентов с тяжелой травмой грудной клетки.....	63
4.2. Влияние установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на структуру и частоту осложнений у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки.....	66
4.3. Влияние установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на результаты лечения пациентов с тяжелой травмой грудной клетки.....	69
Резюме.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
ВЫВОДЫ.....	77
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	78
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	79
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

Травма занимает третье место среди причин смерти во всех возрастных группах после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [39; 57]. Травма грудной клетки (ТТГК) входит в число самых тяжёлых травматических поражений, являющихся неотъемлемой частью вооружённых конфликтов, чрезвычайных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий [26; 107]. Каждый четвертый пациент погибает именно от травм грудной клетки или последующих осложнений, хотя тяжелое течение и неблагоприятные исходы характерны как для изолированной травмы грудной клетки, так и для политравмы, при которой повреждения могут возникать в различных частях тела [9; 13; 16; 93].

Развитие осложнений и наступление неблагоприятных исходов являются следствием как повреждения жизненно важных структур грудной и брюшной полости, так и нарушения целостности грудной стенки. Множественные переломы ребер могут приводить к ограничению экскурсии грудной клетки и, как следствие, развитию дыхательной недостаточности даже при отсутствии повреждений органов грудной полости [57; 67; 149]. При этом незначительное количество поврежденных ребер может представлять опасность для пациента, а каждое дополнительно поврежденное ребро потенциально увеличивает риск развития легочных осложнений и повышает риск смерти, поэтому наибольшую клиническую значимость имеют множественные переломы ребер, особенно с нарушением каркаса [30; 152].

До недавнего времени в лечении переломов ребер применялась преимущественно консервативная тактика. За последние десятилетия не удалось добиться значительного улучшения результатов лечения множественных переломов ребер, несмотря на внедрение новых технологий в диагностике и

интенсивной терапии с применением современных методов обезболивания [120; 140; 149].

На сегодняшний день отмечается существенное увеличение доли оперативных вмешательств, направленных на стабилизацию и фиксацию переломов ребер. Активная тактика используется в большинстве травматологических центров в мире и демонстрирует неплохие результаты лечения [123; 132; 134]. Опубликованные данные свидетельствуют, что хирургическая стабилизация множественных переломов ребер позволяет сократить пребывание в отделении анестезиологии-реанимации (ОАР) и продолжительность лечения, но не исключает длительного проведения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [113; 136; 137; 138; 139]. На сроки ИВЛ, помимо нарушения каркасности, влияют такие факторы, как повреждение грудины и ключицы, степень тяжести, наличие ушиба легких и сердца, черепно-мозговая травма (ЧМТ), кровопотеря, шок, присоединение острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), пневмонии, объем инфузионной терапии, а также наличие сопутствующей патологии и возраст пациента [10]. Данные факторы, как в совокупности, так и по отдельности, определяют необходимость выбора адекватных режимов ИВЛ и индивидуального подхода к подбору параметров искусственной вентиляции для каждого конкретного пациента в этой категории и требуют обеспечения респираторного мониторинга с целью профилактики осложнений [12; 44; 108; 122].

Большинство исследований эффективности респираторного мониторинга, в частности биомеханики дыхания при проведении ИВЛ, касаются в первую очередь интенсивной терапии ОРДС, пневмоний, поражения легких при COVID-19 и других заболеваний, оставляя без внимания пациентов с множественными переломами ребер, несмотря на сложный характер повреждения легких и необходимость в продленной ИВЛ при данной патологии [103; 113; 115]. В доступной литературе отсутствует информация о влиянии режимов ИВЛ на исходы и осложнения у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.

Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости дальнейших, хорошо спланированных, сравнительных исследований для определения оптимальной тактики стабилизации переломов ребер, биомеханики дыхания и режимов ИВЛ у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер и оценки результатов лечения, что подтверждает актуальность данной проблемы.

Цель исследования

Повысить качество оказания медицинской помощи пациентам с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер на основе оптимизации искусственной вентиляции легких с применением респираторного мониторинга.

Задачи исследования

1. Определить значимость исходной тяжести состояния и характера оказания первой медицинской помощи в прогнозе жизни у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки.
2. Обосновать предикторную ценность изменений лабораторных показателей у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации.
3. Оценить влияние оперативного восстановления каркасности грудной клетки и установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на биомеханику дыхания пациентов с тяжелой травмой грудной клетки.
4. Определить значение оптимизированной установки параметров искусственной вентиляции легких на основании мониторинга пищеводного давления у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в сокращении и профилактике осложнений и влияние ее на результаты лечения.

Научная новизна

Впервые установлено, что догоспитальное время и исходная тяжесть состояния по шкале SOFA демонстрируют тесную корреляционную связь с прогнозом у пациентов с ТТГК, потребовавших перегоспитализации в специализированные травматологические центры, в то время как APACHE II и ISS показали связь, а время доезда БСМП и индекс коморбидности на прогноз пациентов с ТТГК не влияют.

Впервые показано, что высокий стрессовый лейкоцитоз первых суток при ТТГК ассоциирован с развитием лимфопении, сопровождающей негативный прогноз, и расстройствами в системе гемостаза, а повышение аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) тесно коррелирует со снижением МНО и ростом ПТИ.

Впервые изучены показатели мониторинга биомеханики дыхания у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер, установленные на основании определения внутрипищеводного давления и медианы транспульмонального давлений при проведении ИВЛ.

Обосновано преимущество применения и управления величиной ПДКВ на основе измерения P_{es} и P_{tr} на показатели газообмена пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.

Практическая значимость

1. Оптимизация хирургической тактики и респираторной терапии повышает безопасность и эффективность лечения пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер.

2. ИВЛ с ПДКВ, установленным на основе контроля P_{es} и P_{tr} у пациентов с тяжелыми повреждениями органов грудной клетки и множественными переломами ребер, позволяет увеличить объем функциональной легочной ткани, что положительно влияет на результаты лечения.

3. Предложенный алгоритм респираторной поддержки с ПДКВ, установленным на основе контроля P_{es} и P_{tp} у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер, позволяет снизить число осложнений со стороны легких и, как следствие, улучшить результаты интенсивной терапии в виде сокращения продолжительности пребывания в ОАР и длительности ИВЛ.

4. Разработан протокол оказания медицинской помощи пациентам с ТТГК и множественными переломами ребер с момента поступления в стационар.

Методология исследования

Работа выполнена в рамках многоцентрового, открытого, контролируемого ретроспективного и проспективного, сравнительного клинического исследования, в которое включено 107 пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер. Для реализации поставленной цели и задач использованы клинический, лабораторный, инструментальный, статистический и математический методы исследования.

Положения, выносимые на защиту

1. Догоспитальное время и исходная тяжесть состояния по шкале SOFA тесно коррелируют с прогнозом у пациентов, требующих перегоспитализации в специализированные травматологические центры, в то время как APACHE II и ISS показывают связь. Время доезда БСМП и индекс коморбидности на прогноз пациентов с ТТГК не влияют.

2. Высокий стрессовый лейкоцитоз первых суток при ТТГК ассоциирован с развитием лимфопении, сопровождающей негативный прогноз, и расстройствами в системе гемокоагуляции, а повышение АСТ и АЛТ тесно коррелирует со снижением МНО и ростом ПТИ.

3. Оперативное восстановление каркасности грудной клетки оказывает значительное влияние на биомеханику дыхания в виде снижения податливости

грудной клетки уже спустя 3 часа от момента оперативного лечения, при этом податливость легочной ткани не изменяется, что позволяет повысить РЕЕР с целью профилактики легочных осложнений и улучшения вентиляционно-перфузионных взаимоотношений.

4. Применение мониторинга пищевого давления для подбора адекватных параметров респираторной поддержки с ПДКВ, установленном на основании контроля P_{es} и P_{tp} у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер, способствует снижению развития тяжелого ОРДС, позволяет сократить продолжительность ИВЛ и сроки лечения в отделении реанимации по сравнению с группой консервативной тактики.

Личное участие автора

Автором сформулирована идея диссертационной работы, цели и задачи исследования, разработан дизайн и методологические аспекты. Самостоятельно проведен обзор отечественной и зарубежной литературы по исследуемой проблеме. Осуществлен набор клинического материала, анализ, структурирование, статистическая обработка и обобщение полученных данных. Сформулированы выводы и практические рекомендации.

Совместно с научным руководителем подготовлены к публикации статьи и тезисы к докладам.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 100 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложения, списка сокращений и списка литературы, содержащего 153 источника, из которых 20 отечественных и 133 зарубежных автора. Диссертация иллюстрирована 13 рисунками и 13 таблицами.

Глава 1.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ХИРУРГИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМЕ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Первые упоминания о переломах грудины, ключицы и ребер и их лечении встречаются в папирусе Эдвина Смита, датированном приблизительно 1700 годом до н.э., который считается старейшим известным трактатом о конкретных начинаниях «хирургии». Он был написан на свитке длиной 15 футов одним анонимным египетским автором, который, по сути, пытался скопировать гораздо более старую рукопись, датированную приблизительно 3000–2500 годами до н.э. [52; 61].

На протяжении нескольких сотен лет проблема травматических повреждений оставалась актуальной, и в настоящее время, несмотря на существенные достижения науки, современные технические возможности в области диагностики и лечения, остается одной из наиболее изучаемых в травматологии, анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии [3; 6; 65; 114; 144; 146].

Травма груди занимает третье место по тяжести среди всех повреждений. Тяжелое течение и неблагоприятные исходы характерны как для изолированной травмы грудной клетки, так и в случае политравмы, при которой повреждения могут возникать в различных частях тела. Однако каждый четвертый пациент погибает именно от травм грудной клетки или их осложнений [1; 17; 18]. Травма груди встречается во всех возрастных группах, чаще — в возрасте до 40 лет, и имеет различия по механизму и особенностям течения заболевания. Следует отметить, что повреждения грудной клетки несут особую опасность для пациентов старшей возрастной группы. Переломы ребер, даже при незначительном количестве, могут вызывать развитие серьезных осложнений у пожилых людей и приводить к смерти [66; 68; 77; 78; 89; 90].

Осложнения развиваются как вследствие нарушения целостности грудной стенки, так и по причине повреждения жизненно важных структур грудной и

брюшной полости [36; 89; 112; 116]. В результате переломов ребер развиваются ателектазы, болевой синдром, пневмония, острая дыхательная недостаточность, которые из-за ухудшения функции легких приводят к увеличению продолжительности пребывания в отделении интенсивной терапии и стационаре. Установлена зависимость вероятности развития и тяжести легочных осложнений и неблагоприятных исходов от количества поврежденных ребер, что особенно показательно в группе пациентов старше 60 лет [30].

Ушибы легких регистрируются более чем у 50 % пациентов с травмой грудной клетки. Они имеют динамическую патофизиологию и в зависимости от степени травмы могут привести к развитию острого респираторного дистресс-синдрома и неблагоприятному исходу. Механизм ушиба легкого точно не известен. Исходя из принципов физики, очевидно, что ускорение или замедление человеческого тела может вызвать повреждение легочной ткани без какой-либо значительной степени столкновения, аналогично сжатию или внезапному удару о грудную стенку. Некоторые исследования, включавшие эксперименты на животных и трупах, показали, что скорость импульса и возникающее в результате сжатие являются наиболее важными факторами, вызывающими повреждение тканей [8; 11; 106; 119].

1.1 Патофизиологические аспекты травмы грудной клетки с множественными переломами ребер

Основными факторами, определяющими тяжесть состояния при травме грудной клетки, являются нарушение каркасности грудной клетки, травма легких и нарушения биомеханики дыхания, приводящие к прогрессированию дыхательной недостаточности [42; 43; 120; 129; 147].

Дыхательная недостаточность развивается вследствие либо прямой травмы легких и дыхательных путей, либо по причине изменения механики дыхания. К прямым повреждениям легочной ткани и дыхательных путей относятся ушибы легких, которые встречаются в 17–75 % случаев травмы грудной клетки и

повреждения трахеобронхиального дерева.

Ушиб легкого — это повреждение паренхимы легкого при отсутствии разрыва легочной ткани или каких-либо сосудистых структур. Обычно возникает в результате тупой травмы грудной клетки, ударных волн, связанных с проникающим ранением грудной клетки, или взрывных ранений. Такие травмы могут привести к легочной недостаточности и смерти. Патофизиология ушибов легких остается малоизученной. Впервые они были описаны итальянским анатомом Морганьи в 1761 году, а термин «ушиб легкого» был введен в XIX веке французским военным хирургом Дюпюитреном.

К причинам, меняющим механику дыхания, относятся гемоторакс, пневмоторакс, патологическая подвижность грудной клетки, стойкий болевой синдром. Согласно исследованию Liman et al. [38], частота гемопневмоторакса встречается в 6,7 % случаев у пациентов с травмами без переломов ребер, в 24,9 % — у пациентов с одним или двумя переломами ребер и в 81,4 % — у пациентов с более чем двумя переломами ребер соответственно [38]. Согласно данным литературы, наличие трех или более переломов ребер неизбежно сопровождается гемотораксом. Пневмоторакс встречается у 40–50 % пациентов со всеми типами травмы грудной клетки [36; 37; 47; 79; 99; 98; 126; 151].

К отсроченным причинам повреждениям относятся жировая эмболия, острый респираторный дистресс синдром, тромбоэмболия легочной артерии, пневмония, вентилятор-ассоциированные нарушения. Кроме того, травмы легких, трахеобронхиального дерева или, реже, пищевода могут вызывать развитие подкожной эмфиземы или пневмомедиастинума. Напряженный пневмоторакс может приводить как к дыхательным, так и гемодинамическим нарушениям. В результате ограничения экскурсии грудной клетки, повреждения альвеол и капилляров происходит истечение крови и других интерстициальных жидкостей через альвеолярно-капиллярную мембрану в легочную ткань и альвеолярное пространство. Поскольку насыщенный кислородом воздух не может проникнуть в заполненные жидкостью альвеолы, гиповентиляция и снижение перфузии вследствие рефлюксной вазоконстрикции приводят к гипоксемии и гиперкапнии

[32; 63; 73; 110; 142].

Повреждение вследствие переломов ребер и грудины усугубляется болевым синдромом и приводит к нестабильности грудной клетки, парадоксальному дыханию, что существенно влияет на механику дыхания. Прямое травматическое повреждение легких в сочетании с увеличением проницаемости легочных капилляров в зоне повреждения сопровождается экстравазацией, богатой белком жидкости, и изменением состава сурфактанта, и, как следствие, приводит к прогрессированию дыхательной недостаточности [36; 40; 50; 69; 117].

Нарушение диффузии, снижение функциональной остаточной емкости, несоответствие вентиляции и перфузии создают внутрилегочный шунт с последующим повышением $PaCO_2$ и снижением оксигенации. Аспирация крови или содержимого желудка, жировая эмболия вследствие скелетных повреждений, а также синдром системного воспалительного ответа могут привести к развитию острого респираторного дистресс-синдрома и усугубить дыхательные нарушения [22; 36; 50; 117].

1.2 Предикторы неблагоприятного исхода у пациентов с травмой грудной клетки

Многие исследования посвящены факторам, определяющим заболеваемость и смертность у пациентов с травмами грудной клетки, однако единообразия в выводах не отмечено, что указывает на необходимость дальнейшего поиска. Практически единогласно современные исследования утверждают, что пожилой возраст пациентов с травмой грудной клетки является независимым фактором риска развития нежелательных событий и смерти [53; 59; 101]. Вместе с тем есть исследования, не подтверждавшие прямой корреляции возраста или пола с исходом [25; 27; 102]. Повышенная смертность у пожилых пациентов с травмой грудной клетки, возможно, обусловлена более высокой исходной коморбидностью, которая не является редкостью в этой когорте пациентов и, как было установлено в другом исследовании, имеет важное значение для прогрессирования нарушений

вследствие даже незначительной травматизации тканей, в том числе при бронхиальных заболеваниях [85; 104].

Одним из показателей тяжести и неблагоприятного прогноза травмы грудной клетки считается двустороннее поражение. Безусловно, физиологические эффекты, вызванные односторонней травмой грудной клетки, будут вдвое меньше, чем при повреждении с обеих сторон. Также очевидно, что такие физиологические эффекты, как боль в груди и ограниченные экскурсии грудной клетки и диафрагмы, респираторный дистресс-синдром, вовлечение вспомогательных дыхательных мышц, использование мышц живота при дыхании, ушиб легкого, гипоксемия и артериальная десатурация, будут активно влиять на прогрессирование тяжести состояния у пациентов с двусторонним поражением грудной клетки по сравнению с односторонним поражением [21; 80].

Позднее обращение в травматологический центр, более чем на 24 часа, отмечено как независимый фактор риска неблагоприятного прогноза. Ряд исследователей утверждают, что задержка обращения пациентов с травмой грудной клетки в больницу более чем на 24 часа не влияет на продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии и смертность. Однако данные последних лет свидетельствуют, что наличие осложнений влияет как на длительность лечения, так и на смертность [43; 45].

Среди факторов, определяющих прогноз при ТТГК, также упоминаются такие облигатные факторы, как курение, избыточный вес и сонное апноэ. Эта когорта пациентов с кислородной задолженностью, априори устойчивая к гипоксемии, при развитии травматического шока и проведении объемзамещающей противошоковой терапии резко увеличивает перегрузку и без того скомпрометированного малого круга кровообращения и демонстрирует более низкую выживаемость как в период шока, так и в более отдаленный период лечения травмы [28; 95; 111]. Основные факторы риска, связанные с неблагоприятными исходами у пациентов с травмой грудной стенки, были сформулированы Simon J.B. и Wickham A.J. в 2019 году (Таблица 1) [128].

Таблица 1 — Основные факторы риска, связанные с неблагоприятными исходами у пациентов с травмой грудной стенки [128]

Механизмы	Факторы риска	
Анатомические	<ul style="list-style-type: none"> – количество сломанных ребер; – наличие флотирующего сегмента; – двусторонние переломы ребер; – прелом первого ребра; – степень смещения перелома; – переломы в передней, боковой и задней областях; – наличие ушибов легких; – наличие двух и более травм других областей; 	
Физиологические	Снижение физиологического резерва	<ul style="list-style-type: none"> – увеличение возраста; – преморбидные респираторные заболевания; – курение – избыточный вес или ожирение (индекс массы тела > 25 кг/м²); – синдром обструктивного апноэ; – преморбидные сердечно-сосудистые заболевания; – преморбидный диабет;
	<ul style="list-style-type: none"> – снижение периферического насыщения кислородом при поступлении; – снижение жизненной емкости легких; – посттравматическая пневмония; – неадекватная анальгезия; 	
Прочие	<ul style="list-style-type: none"> – преморбидное применение антикоагулянтов; – лечение в медицинских организациях низкого уровня; – длительное догоспитальное время. 	

1.3 Общие принципы лечения пациентов с травмой грудной клетки

В большинстве случаев при проведении интенсивной терапии для пациентов с травмой, в том числе при нестабильности грудной клетки, оказывается

достаточным сочетание адекватной аналгезии (эпидуральной анестезии, блокады межреберных нервов, паравертебральных блокад), дренирования плевральных полостей, физиотерапии и регулярной санации трахеобронхиального дерева [33; 71]. В целом подход к ведению пациентов с травмой грудной клетки соответствует обобщенным принципам реанимации после травмы, описанным в протоколе Advanced Trauma Life Support (ATLS). Первичное обследование и коррекция непосредственных опасных для жизни повреждений включает системный, командный подход к оценке и коррекции респираторных, сердечно-сосудистых и неврологических повреждений. В первую очередь — это остановка массивного наружного кровотечения и обеспечение или поддержание проходимости дыхательных путей [88; 92].

Пациенты с множественными травмами и тупой травмой грудной клетки требуют более длительных сроков искусственной вентиляции легких и госпитализации в отделении интенсивной терапии, чем пациенты с травмами без повреждения грудной клетки [35; 41; 82]. Кроме того, травмы грудной клетки предрасполагают к пневмонии [109; 125], респираторному дистресс-синдрому [76; 122], что требует оптимизации респираторной поддержки, совершенствования хирургической коррекции переломов ребер и восстановления каркасности грудной клетки [51; 137; 153].

Инфузионно-трансфузионная терапия — также широко обсуждаемый вопрос в доступной литературе. Нередко сопровождаемая не только травматическим, но и геморрагическим шоком, травма грудной клетки сопровождается изменением соотношения водных секторов организма, вызывая развитие гиповолемии, с одной стороны, и капиллярной утечки, с другой. Проведение грамотной рестриктивной, инфузионно-трансфузионной терапии на сегодняшний день является приоритетным направлением интенсивной терапии [54; 56; 81].

Важным принципом лечения также является командный подход. Мультидисциплинарный подход улучшил результаты лечения пациентов и снизил

количество летальных исходов в отделениях интенсивной терапии и больницах, а также частоту таких осложнений, как пневмония и нозокомиальная инфекция области хирургического вмешательства, а также смертность [127]. Этот принцип применялся у пациентов старше 45 лет с четырьмя или более переломами ребер и включал в себя службу боли для проверки эффективности анальгезии, респираторную бригаду для оказания медицинской помощи, физиотерапию для упражнений по глубокому дыханию, диетолога для мониторинга состояния питания пациентов и практикующую медсестру для обеспечения непрерывности лечения. Пациентам, получавшим терапию согласно междисциплинарному протоколу, было назначено значительно более агрессивное обезболивание, включая назначение контролируемой пациентом анальгезии и эпидуральных блоков, что способствовало улучшению результатов лечения [46; 75].

1.4 Хирургическая стабилизация у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер

До недавнего времени в лечении переломов ребер травматологи придерживались консервативной тактики. Однако при данном подходе, даже с учетом внедрения современных технологий интенсивной терапии и применения новых методов обезболивания, результаты лечения пациентов с множественными переломами ребер за последние 15 лет значительно не улучшились, особенно у контингента пожилых пациентов [84; 97; 105].

Особенности хирургической стабилизации переломов ребер, её прогностические преимущества и влияние на клиническое прогрессирование были впервые опубликованы в 1970-х годах. Исследования последних десятилетий показали, что хирургическая стабилизация, как часть официальной организованной мультимодальной терапии, может улучшить результаты лечения пациентов с тяжелыми переломами ребер и грудной клетки [97; 105; 127].

В настоящее время практика фиксации ребер или хирургической

стабилизации переломов ребер широко внедрена в практику и применяется в большинстве стран мира, показывая положительные результаты [123; 134]. Вместе с тем требуются дальнейшие, хорошо спланированные исследования с достаточным объемом выборки, чтобы подтвердить результаты по оптимальной тактике хирургической стабилизации переломов ребер и сравнить результаты лечения с консервативным подходом.

Исследования показывают, что хирургическая стабилизация множественных переломов ребер позволяет сократить пребывание в ОАР и стационаре, но применение активной хирургической тактики не исключает необходимости длительного проведения ИВЛ [60; 100]. В этой связи актуальным выглядит поиск новых подходов к подбору оптимальных режимов ИВЛ и обеспечению концепции безопасной респираторной поддержки, минимизирующей баротравму и сохраняющей, насколько это возможно, физиологию дыхания.

Показаниями к хирургической фиксации являются: нарастание дыхательной недостаточности, выраженная деформация грудной клетки, невозможность контролировать боль, а также проведение торакальных вмешательств по другим показаниям, например, для дренирования гемоторакса. Установлено, что хирургическая фиксация менее эффективна в сроках позднее 8–10 дней после травмы, т.к. у пациентов часто развиваются ателектазы и пневмония, что затрудняет хирургическую фиксацию и послеоперационное восстановление. Пациентам с прогрессированием дыхательной недостаточности или неконтролируемой болью показана ранняя хирургическая фиксация в течение первых 48 часов после травмы. При проведении хирургических вмешательств в ранние сроки отмечено уменьшение продолжительности искусственной вентиляции легких и снижение сроков пребывания в отделениях интенсивной терапии, что свидетельствует об эффективности активной тактики [130; 131; 135].

В литературе описаны различные методики стабилизации ребер. К ним относятся: пластины и бикортикальные винты, рассасывающиеся пластины, распорки Judet, спицы Kirschner и интрамедуллярные штифты. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, однако лучшим из них все же является тот,

в котором хирург имеет большой опыт и с которым чувствует себя комфортно во время операции [131]. Чаще всего требуется фиксация с 4-го по 10-е ребро, т.к. они максимально подвижны и вызывают наибольшую боль. Вместе с тем следует отметить, что эффективность хирургической фиксации грудной клетки и травматичность самого хирургического вмешательства могут быть и несоразмерными, приводя к декомпенсации органной дисфункции, запущенной травматическим повреждением.

1.5 Респираторная поддержка у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер

Искусственная вентиляция легких давно используется как метод внутренней стабилизации при множественных переломах ребер и реализуется с помощью механической вентиляции с положительным давлением в комбинации с обезболиванием. Несмотря на то, что первое описание искусственного дыхания было дано в 1902 году Ноут J., прошло еще 49 лет, прежде чем оно достигло клинического применения. Первая публикация, посвященная вентиляции с положительным давлением при травме грудной клетки, датируется 1951 годом — впервые авторами была описана продолжительная искусственная вентиляция легких, обеспечивающая постоянную внутреннюю пневматическую стабилизацию при множественных переломах ребер. Между тем, первенство публикаций установить сложно [71; 72; 96].

Основными направлениями в лечении дыхательной недостаточности сегодня являются оптимизация респираторной в соответствии с физиологией дыхания пациента, поддержание адекватной оксигенации и вентиляционно-перфузионных отношений, а также предотвращение развития связанных с повреждением и ИВЛ инфекционных (ВАП) и неинфекционных (ателектотравма, баротравма, волномотравма) повреждений легких [2, 4; 19].

Низкопоточная оксигенотерапия, как правило, является стартовым вариантом, она не требует специальных навыков и наличия сложного

оборудования. Учитывая простоту и доступность, оксигенотерапия маской или с помощью назальных канюль может быть использована на всех этапах медицинской эвакуации пациентов и проводиться при необходимости, в т.ч. средним медицинским персоналом [124]. Высокоточная оксигенотерапия имеет место на разных этапах лечения пациентов с травмой грудной клетки как самостоятельный вариант, так и при изменении методов респираторной поддержки. В частности, как «мост» между ИВЛ и спонтанным дыханием, или в качестве адаптивного метода респираторной поддержки при выраженной десинхронизации, или у пациента в сознании [49; 70].

Проведение неинвазивной вентиляции легких (НИВЛ) возможно при отсутствии противопоказаний, при условии наличия ясного сознания у пациента, контакта с ним, отсутствии повреждений лицевого скелета, кровотечений и вероятности развития нарушения проходимости дыхательных путей вследствие аспирации, отека мягких тканей, механических повреждений [49; 70]. НИВЛ рекомендована после обследования органной грудной клетки (рентгенографии, КТ) при условии выполненного дренирования плевральных полостей и полностью расправленных легких. В ряде исследований показано положительное влияние неинвазивной вентиляции легких на исходы у пациентов с повреждением груди, а также в случаях развития пневмоний [49]. У пациентов с гипоксией, индексом оксигенации < 200 мм рт. ст. НИВЛ уменьшила потребность в интубации и проведении ИВЛ. Было показано снижение числа пневмоний и сокращение сроков пребывания в больнице [49; 70].

При отсутствии эффекта от проводимой неинвазивной респираторной терапии, ухудшении состояния, нарастания дыхательной недостаточности пациент должен быть переведен на ИВЛ. Рекомендуется решение вопроса в течение первого часа от момента поступления, однако четких временных критериев не обозначено [86]. При проведении интубации следует рассматривать больных с травмой как пациентов с полным желудком и высоким риском аспирации, регургитации и проводить соответствующие профилактические мероприятия [86].

Интубация трахеи и проведение ИВЛ показаны при необходимости

обеспечения проходимости дыхательных путей в следующих случаях: угнетения сознания (оценка по шкале ком Глазго ≤ 8 баллов), повреждения челюстно-лицевого скелета, шеи, аспирации крови или желудочного содержимого, массивных ожогов дыхательных путей, лица, шеи. Кроме того, проведение ИВЛ с целью замещения спонтанного дыхания необходимо при тяжелом ушибе легких, нарушении каркасности грудной клетки, пневмо- и гемотораксах, пневмо- и гемомедиастинумах, выраженных нарушениях ритма или остановке кровообращения, спинальной травме, отеке легких [29; 121].

Общими принципами обеспечения адекватного газообмена при ИВЛ являются:

- обеспечение адекватной оксигенации (целевые значения: P_{aO_2} — 55–80 мм рт. ст., S_{pO_2} — 88–95 %);
- удаление углекислого газа (целевые значения 35–45 мм рт. ст.);
- уменьшение работы дыхания;
- предотвращение дальнейшего повреждения легких (протективная ИВЛ), гипероксии, волюмотравмы, ателектотравмы за счет настройки PEEP, предотвращение баротравмы [29; 86; 121].

Проведение безопасной ИВЛ возможно как в режимах с управлением давлением, так и в режимах с управляемым объемом. Режимы вспомогательной вентиляции имеют преимущества за счет улучшения вентиляции базальных отделов легких, предотвращения атрофии дыхательных мышц, более равномерного распределения газов, сокращения длительности респираторной поддержки и вентилятор-ассоциированной пневмонии [86; 121]. В настоящее время отсутствуют убедительные данные о преимуществах какого-либо варианта вспомогательных режимов.

На продолжительность ИВЛ помимо нарушения каркасности грудной клетки влияют тяжесть травмы грудной клетки с повреждением грудины, ключицы, ушиб легких, сердца, ЧМТ, кровопотеря, шок, возраст пациентов, наличие сопутствующей патологии, присоединение ОРДС, пневмонии, а также объемы инфузионной терапии [147]. Эти факторы определяют проблемы с выбором

адекватных режимов ИВЛ и использованием традиционных параметров вентиляции у этой категории пациентов и требуют обеспечения респираторного мониторинга для профилактики осложнений [76; 143].

Мониторинг функции легких и тяжести повреждения легких у пациентов с дыхательной недостаточностью является важнейшим вопросом в интенсивной терапии и требует углубленного понимания механики дыхания пациента, оптимизации управления контролируемой и вспомогательной искусственной вентиляцией легких и неинвазивной респираторной поддержкой, а также потенциального достижения лучших клинических результатов [118].

1.6 Измерение и применение на практике внутрипищеводного и транспульмонального давления как метода персонализации респираторной поддержки

Персонализация параметров искусственной вентиляции легких с целью профилактики нарушений функций легких и диафрагмы имеет важное значение. Измерение пищевода давления в качестве оценки плеврального позволяет оценить разделенную дыхательную механику и проводить количественную оценку повреждения легких, что способствует проведению оптимизации настроек вентилятора [31, 34; 83]. Чреспищеводная манометрия дает возможность количественно определить усилие дыхания, что может способствовать подбору оптимальных настроек во время проведения искусственной вентиляции легких и отлучения от нее. Данная методика доступна для большинства лечебных учреждений и может применяться в ежедневной клинической практике [31; 83].

Анализ литературы в отношении клинических протоколов и рекомендаций при проведении ИВЛ свидетельствует, что указаний о необходимости мониторинга таких важных показателей, как функциональная остаточная емкость легких, динамика индекса оксигенации, изменение эластичности легких и грудной клетки, величина внутрипищеводного, медиана транспульмонального давления, работа пациента при вдохе, в до- и послеоперационном периодах недостаточно [15; 36].

Оценка транспульмонального давления является важной физиологической концепцией, поскольку отражает истинное давление в альвеолах и более точный маркер легочного стресса. Чтобы рассчитать транспульмональное давление, необходимо оценить как альвеолярное, так и плевральное давление. Давление в дыхательных путях в условиях отсутствия потока является наиболее широко используемым заменителем альвеолярного давления, в то время как пищеводное остается наиболее широко измеряемым заменителем плеврального [58; 64; 145].

Для выбора уровня РЕЕР в первую очередь измеряется давление в дыхательных путях R_{aw} , что представляет давление в искусственных дыхательных путях или в контуре аппарата ИВЛ соответственно. R_{aw} легко отображает механические свойства всей дыхательной системы, включая искусственные дыхательные пути. Следовательно, только во время условий с нулевым потоком (конечная дыхательная пауза, конец выдоха или во время окклюзии) R_{aw} равна трахеальной [64; 145].

Оптимальным РЕЕР является давление в конце выдоха, которое должно быть установлено на конечное давление выдоха, предотвращающее избыточное потребление энергии в легких. Обеспечение уровней РЕЕР, достаточных для поддержания альвеолярного объема, играет важную роль в протективной вентиляции легких. Все остальные параметры и настройки зависят от соответствующих уровней РЕЕР для обеспечения адекватной вентиляции, функциональной остаточной емкости и рекрутмента. Если РЕЕР превышает уровень, необходимый для стабилизации легких, может возникнуть избыточное напряжение, несмотря на использование низкого дыхательного объема [64; 145]. Таким образом, умеренные уровни РЕЕР могут представлять собой компромисс между циклической избыточной деформацией и закрытием / повторным открытием единиц легких.

Вентиляция с более высоким РЕЕР (10–12 см H_2O) может не иметь клинической пользы. До сих пор не получено убедительных данных, подтверждающих оптимальные и бесспорные методы защиты от развития послеоперационных легочных осложнений, что позволяет предположить, что

оптимальная установка имеет широкую индивидуальную изменчивость. Это может быть связано с его двусторонним характером: РЕЕР вызывает чрезмерную инфляцию с повреждением легких в уже открытых альвеолах (то есть статическое напряжение), но снижает динамическое напряжение, когда он эффективен при наборе новых компартментов [62].

Механическая вентиляция легких является необходимой мерой при лечении пациентов в критических состояниях, однако она может приводить к повреждению легких или усугублять их, поэтому рекомендуется тщательно контролировать механику дыхания, чтобы регулировать уровень поддержки и избегать развития повреждающего давления и объема [92]. Стандартный мониторинг включает поток, объем и давление в дыхательных путях.

Вместе с тем мониторинг P_{aw} имеет существенные недостатки. Оценка пищеводного давления как заменителя или аналога плеврального давления может позволить врачам различать эластическое поведение легких и грудной стенки, а также рассчитывать степень спонтанного дыхательного усилия. С этой целью применяются специальные двухбаллонные назо-желудочные катетеры [145]. Динамическое транспульмональное давление было получено в режиме реального времени в виде давления в дыхательных путях (Рисунок 1).

Несмотря на очевидную клиническую значимость, существует несколько барьеров для широкого распространения клинической манометрии пищевода. Во-первых, отсутствие последовательной терминологии и использование альтернативных определений и расчетов плеврального давления и пищеводного давления в клинической и исследовательской литературе может привести к неправильному применению принципов с переменными и, возможно, вредными исходами и препятствовать широкому распространению данного метода. Во-вторых, хотя использование пищеводного баллона легко реализуется, для успешного использования необходима стандартная методика размещения и интерпретации данных. Наконец, клиническое использование манометрии пищевода является относительно новым методом в интенсивной терапии, и

необходимы дальнейшие исследования эффективности и результатов его применения [133; 145].

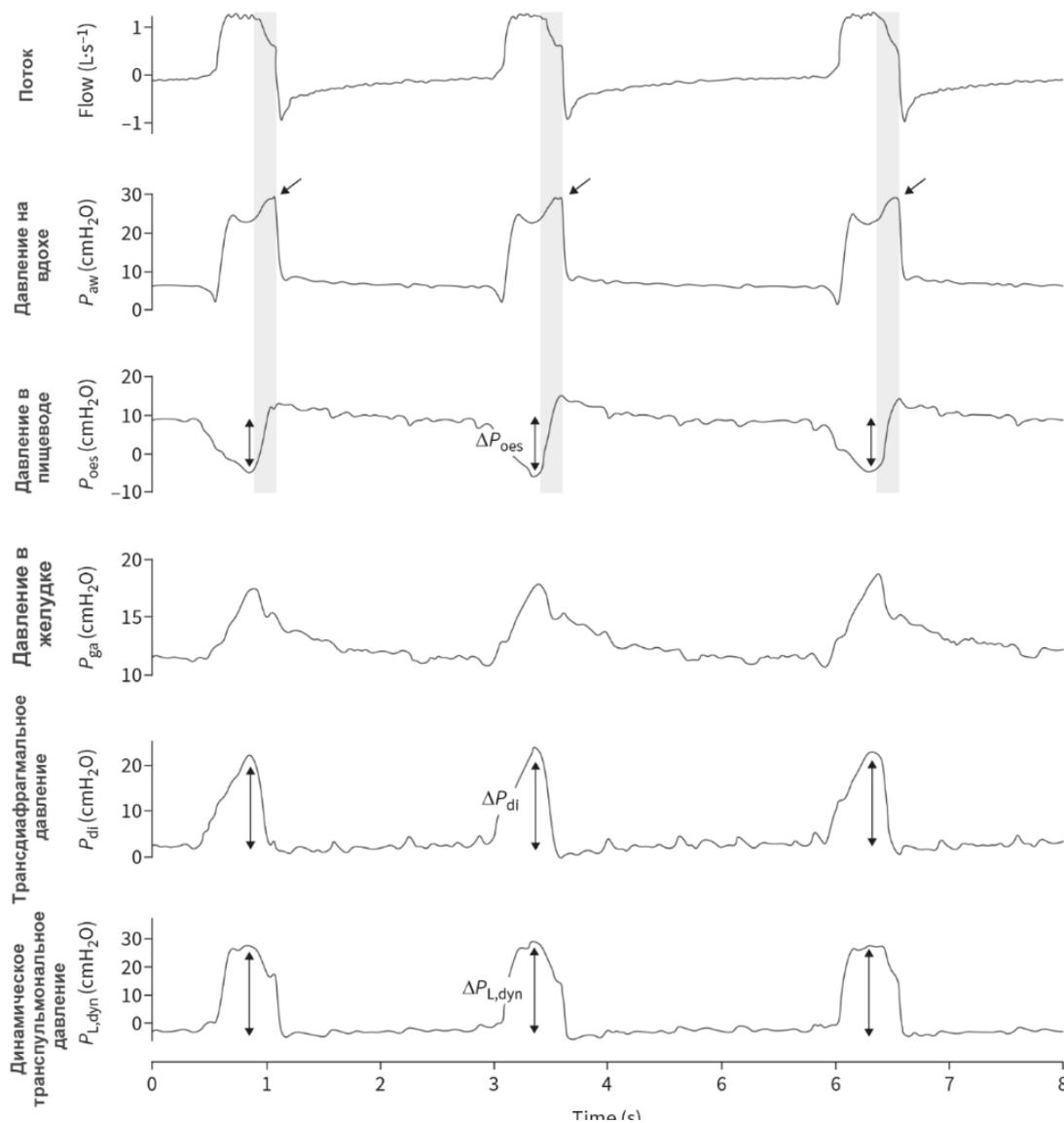


Рисунок 1 — Пример манометрии пищевода при искусственной вентиляции легких

Таким образом, оценка транспульмонального давления в комплексе респираторной поддержки — весьма перспективный метод персонализированного решения, который в острый период мониторинга биомеханики дыхания позволяет сделать респираторную поддержку менее травматичной и агрессивной. Во время фазы отлучения от респиратора мониторинг транспульмонального давления может

улучшить понимание неудачи отлучения от респиратора и помочь быстрее решить основные проблемы респираторной поддержки пациента с нестабильной грудной клеткой [31]. С этими многочисленными преимуществами и достаточной простотой использования данный метод может занять достойное место в интенсивной терапии пациентов с ТТГК.

Резюме

Анализ литературы свидетельствует, что публикации, посвященные исследованиям эффективности респираторного мониторинга и биомеханики дыхания при проведении ИВЛ, относятся в первую очередь к ОРДС и пневмонии, поражениям легких при COVID-19 и другим повреждениям легких, и в меньшей степени касаются травматического повреждения грудной клетки.

Несмотря на сложный характер повреждения при ТТГК и необходимость проведения продленной ИВЛ, определение «лучшего РЕЕР» для этой категории пациентов остается нерешенной задачей. Кроме того, недостаточно исследований о влиянии режимов ИВЛ у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер на исходы лечения и осложнения заболевания.

Несмотря на достаточно большое количество работ, описывающих хирургические методики лечения и их положительные эффекты, изучение биомеханики дыхания и указания на ее пользу в оптимизации параметров ИВЛ, совершенствование методов консервативной терапии, до сих пор не сформирован единый подход, включающий применение всех этих составляющих при ТТГК. Изучение и обоснование необходимости применения комплексного подхода в лечении пациентов с тяжелой травмой грудной клетки направлено на улучшение результатов лечения, снижение числа осложнений и неблагоприятных исходов и в целом повышение качества медицинской помощи при тяжелых повреждениях грудной клетки.

Глава 2.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая характеристика исследования

Работа выполнена на базах государственного бюджетного учреждения здравоохранения ГАУЗ СО ГБ № 36 «Травматологическая», г. Екатеринбург, ФГКУЗ «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации», г. Балашиха, ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2», г. Тюмень.

Проведено многоцентровое, открытое, контролируемое ретроспективное и проспективное исследование в период с 2013 по 2020 годы. Исследование одобрено локальным этическим комитетом МАУ ГБ № 36 «Травматологическая».

В исследование включены 107 пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер. Все пациенты, которым были запланированы оперативные вмешательства, были оперированы в раннем периоде травмы, будучи доставленными в операционную из отделений реанимации и интенсивной терапии или приемного отделения стационаров, нередко минуя отделения реанимации. Комплекс периоперационных клинических, биохимических, гемостазиологических исследований выполнялся в отделениях лабораторной диагностики. Мониторинг биомеханики дыхания в до- и послеоперационном периоде проводился в отделениях реанимации, динамическое КТ исследование — в отделениях лучевой диагностики. Перед началом исследования все способы клиничко-лабораторных исследований были стандартизованы, а референсные значения параметров сверены.

От пациентов, либо их представителей, получено письменное добровольное информированное согласие на проведение лечения и участие в исследовании. В случае невозможности получения согласия по причине тяжести состояния, наличии необходимости в медикаментозном угнетении сознания, проведения ИВЛ, решение

принималось на основании консилиума в составе руководства учреждения (зам. главного врача по лечебной части) и заведующих профильными отделениями.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов при выполнении исследования. Работа финансировалась из бюджетных источников, без спонсорской поддержки, автор не получал гонорары в процессе исследования и публикации результатов.

2.2 Дизайн исследования

Критерии включения в исследование:

– тяжелая изолированная травма грудной клетки с наличием флотирующих и фрагментированных переломов ребер, с нарушением каркаса и повреждением легких или органов средостения;

– применение в комплексе интенсивной терапии продленной ИВЛ с возможностью оценки биомеханики дыхания;

– возраст от 18 до 70 лет включительно.

Критерии исключения из исследования:

– отказ пациента от участия в исследовании на любом из этапов;

– нарушение схемы обследования и (или) лечения;

– смертельный исход от заболевания или осложнения, непосредственно не связанный с тяжелой травмой грудной клетки (причина — коморбидная патология);

– несоответствие критериям включения.

Для решения поставленных задач был проведен ретроспективный и проспективный анализ течения периоперационного и реанимационного периода лечения пациентов с ТТГК за период с 2013 по 2020 гг.

В зависимости от хирургической тактики лечения и способа подбора режимов ИВЛ (стандартного — консервативная тактика, оптимизированного — активная тактика) пациенты были разделены на 2 группы.

В первую группу вошли 70 пациентов (35 пациентов в ретроспективной группе и 35 в проспективной).

ИВЛ проводилась преимущественно в режимах SIMV/PC, SIMV/VC. Параметры ИВЛ в этой группе устанавливались согласно стандартам респираторной поддержки (ПДКВ 5–8 см H₂O, ДО 5–6 мл/кг массы тела пациента). Длительность ИВЛ в группе составила $12,4 \pm 1,6$ сут., длительность пребывания в ОАР — $19,3 \pm 2,4$ сут.

Уровень седации и миоплегии определялись в соответствии с потребностями пациента и были направлены на создание условий для проведения адекватной ИВЛ, необходимых манипуляций, создания физического и эмоционального комфорта для пациента. Хирургическая тактика лечения пациентов включала только дренирование плевральных полостей при гемопневмотораксе.

Во вторую группу вошли 37 пациентов, в предоперационном периоде у которых проводили ИВЛ в режиме SIMV (PC) с минимальной дыхательной активностью пациента, добиваясь этого седацией и при необходимости — миоплегией. В послеоперационном периоде параметры и режимы ИВЛ устанавливали на основании мониторинга параметров биомеханики дыхания и данных КОС. Хирургическая тактика была активной: выполнялись оперативные вмешательства, направленные на восстановление каркасности грудной клетки с хирургической стабилизацией ребер.

Тяжесть состояния пациентов оценивали на основании динамического анализа шкал органной дисфункции: APACHE II, SOFA и ISS.

Характеристика пациентов представлена в таблице 2.

Согласно данным таблицы 2, пациенты были сопоставимы по всем исходным параметрам. Подбор пациентов проводился с учетом ведущего поражения — ТТГК. Помимо данного повреждения у больных не отмечено иных значительных повреждений. В ряде случаев отмечались ссадины и ушибы мягких тканей головы, туловища и конечностей без профузного или любого клинически значимого кровотечения. Все пациенты при поступлении были в сознании, но по клиническим данным и интегральным шкалам состояние соответствовало тяжелому, что было обусловлено травматическим шоком и дыхательной недостаточностью, вызванной травмой грудной клетки и ушибом (повреждением) легких.

Таблица 2 — Характеристика пациентов и тяжесть состояния при поступлении в стационар

Показатель	Группа 1; n=70 (консервативная тактика)		Группа 2; n=37 (активная тактика)		Статистическая значимость отличий, p
	N	%	n	%	
Мужчин	60	85,7	30	81	p > 0,05
Женщин	10	14,9	7	19	p > 0,05
	M ± m		M ± m		
Возраст пациентов	30,6 ± 2,3		36,0 ± 5,9		p=0,39
Догоспитальное время*, часы	16,4 ± 1,6		14,9 ± 1,8		p=0,53
SOFA, баллы	8,2 ± 2,2		7,7 ± 2,5		p=0,88
APACHE 2, баллы	4,0 ± 1,6		4,3 ± 1,9		p=0,90
ISS, баллы	24,1 ± 3,8		27,1 ± 3,0		p=0,53

Примечание: * догоспитальным временем считали время от момента получения травмы до поступления в специализированный стационар.

2.3 Характеристика методов исследования

Контроль клинических показателей крови осуществлялся на гематологическом анализаторе Advia-60 (Bayer corporation, Франция), Micro CC Plus (High Technology, Inc США). Всем больным проводился динамический биохимический анализ крови на полуавтоматическом фотометре Multy Carmay (Corm Diagnostika, Польша). КОС артериальной и венозной крови исследовали с помощью анализатора критических состояний Cobas b121 (Roshe Diagnostics, Австрия), автоматического анализатора газов крови AVL-990 (Австрия), определяли pH, PaCO₂, PaO₂, BE. Электролиты плазмы исследовали с помощью

прибора AVL-990 (Австрия). Исследования показателей системы гемостаза проводили с использованием полуавтоматического коагулометра «Астра» (АСКа 2001, Уфа).

Компьютерную томографию органов грудной клетки (КТ) и при необходимости КТ-реконструкцию при поступлении в стационар проводили всем пациентам (Рисунок 2).

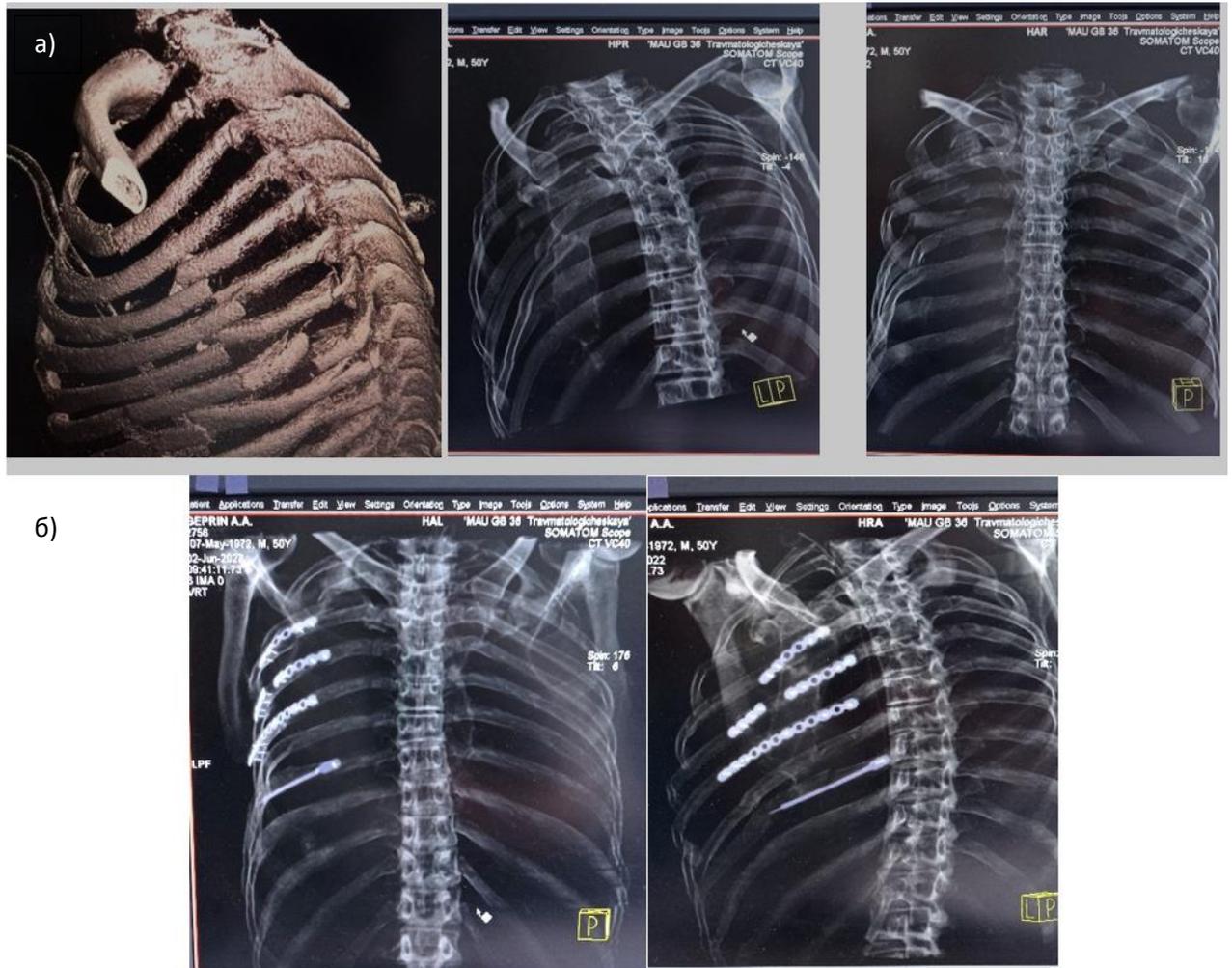


Рисунок 2 — Результаты КТ исследования: а) до хирургической стабилизации;
 б) после хирургической стабилизации множественных переломов ребер

По данным КТ определяли объем и степень поражения костных структур и органов грудной клетки, для группы 2 оценивали возможность проведения оперативного вмешательства и его планирование. В послеоперационном периоде контролировали восстановление геометрии, стояние металлофиксаторов, наличие

или отсутствие осложнений. В процессе лечения, по данным КТ, оценивали состояние легочной ткани, что позволяло проводить дифференциальную диагностику ОРДС с пневмонией и другими причинами ОДН, а также определять стадии ОРДС.

2.3.1 Респираторная поддержка и оценка биомеханики дыхания

Респираторная поддержка проводилась в рамках концепции «безопасной ИВЛ» и была направлена на предотвращение гипероксии, волюмо-, баро- и ателектотравмы. Объем и методы определялись тяжестью состояния пациента, характером повреждения и способствовали созданию оптимальных условий для нормализации газообмена. В единичных случаях на этом этапе лечения была возможность проводить респираторную поддержку с помощью высокопоточной оксигенотерапии или неинвазивной вентиляции легких. В подавляющем большинстве пациенты с тяжелой травмой груди, сочетанной травмой требовали раннего, в т.ч. догоспитального, перевода на ИВЛ. На рисунке 3 представлена схема формирования острой дыхательной недостаточности, требующей проведения ИВЛ.

На этапе противошоковой терапии, планирования и подготовки к оперативному вмешательству проводилась ИВЛ в режиме SIMV/PC/VC с применением глубокой седации, при необходимости — миоплегии.

Для оценки биомеханики дыхания группе активной тактики измеряли и анализировали в динамике следующие параметры:

- индекс оксигенации;
- эластичность легких и грудной клетки;
- величину внутрипищеводного давления;
- изменение медианы транспульмонального давления;
- работу пациента при вздохе.



Рисунок 3 — Схема формирования острой дыхательной недостаточности у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки с множественными переломами ребер, требующая проведения продленной ИВЛ с комплексным мониторингом

Аппараты ИВЛ (VIASIS-Avea Carefusion и АВЕНТА-М) позволяли осуществлять контроль нижней точки перегиба статической кривой «объем-давление» (LIP), Pes и медианы P_{tp}. Для измерения и контроля за данными показателями при проведении ИВЛ на аппарате «АВЕНТА-М» использовали внутрипищеводный датчик NUTRIVENT™ Sidam®, на аппарате VIASIS-Avea устанавливали желудочный зонд с баллоном Avea SmartCath Nasogastric Pressure, CareFusion®. В случае использования Avea SmartCath Nasogastric Pressure после тестирования баллон размещался в пищеводе. Уровень размещения определяли путем измерения расстояния от кончика носа до удаленного конца мечевидного отростка грудины. Правильное размещение подтверждалось формой сигнала

(форма сигнала давления в пищеводе соотносится с давлением в дыхательных путях: колебания становятся позитивными во время дыхания с положительным давлением и отрицательными во время спонтанного дыхания). После введения баллона, блок ИВЛ заполнял его до необходимого уровня, далее начинали мониторинг показателей. Для обеспечения точности контролируемых значений баллон автоматически опорожнялся и вновь наполнялся каждые тридцать минут.

Установка ПДКВ при ИВЛ проводилась на основании двух параметров: величины внутрипищеводного давления, получаемой с помощью датчика пищеводного давления, и медианы транспульмонального давления (при отображении кривой на мониторе ИВЛ). Медиана транспульмонального давления должна была при этом находиться на изолинии. Уровень ПДКВ определяли по нулевому транспульмональному давлению на выдохе — равным давлением в пищеводе (суррогатному показателю плеврального давления) (Рисунок 4).

Пищеводное давление используется в качестве суррогата плеврального давления для оценки эластичности легких и эластичности грудной клетки, для количественной оценки ауто-РЕЕР и работы дыхания во время вспомогательных режимов вентиляции и для оценки степени дисфункции диафрагмы. Измерение P_{PL} имеет большое значение при оценке респираторной механики и может использоваться непосредственно у постели больного [23].

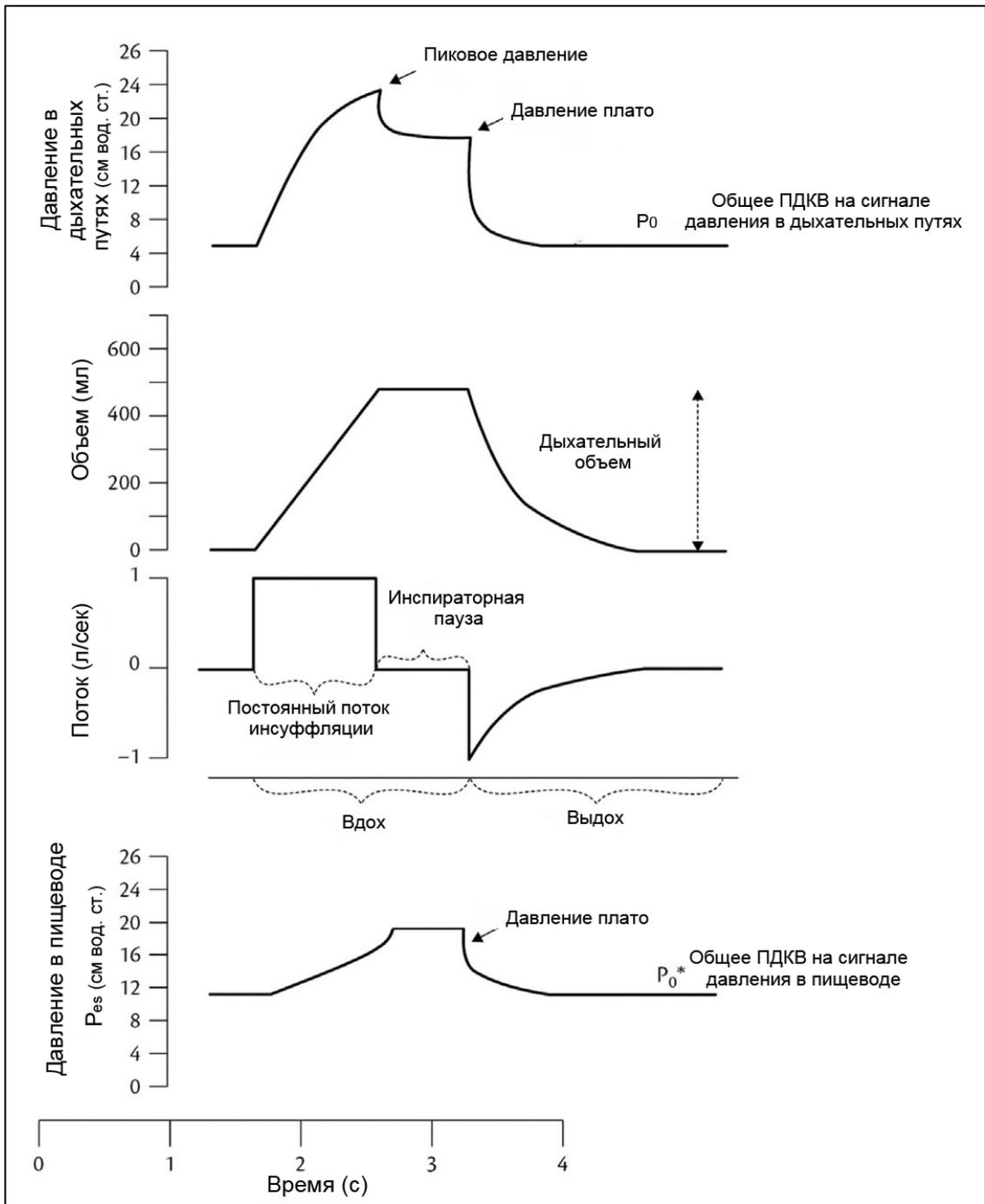


Рисунок 4 — Кривые давления в дыхательных путях, дыхательного объема, потока дыхательной смеси и давления в пищеводе в динамике дыхательного цикла [67]

Транспульмональное давление — это разница между давлением внутри альвеол и давлением, окружающим легкое (плевральное давление): $P_{TP} = P_{ALV} - P_{PL}$ (Рисунок 5).

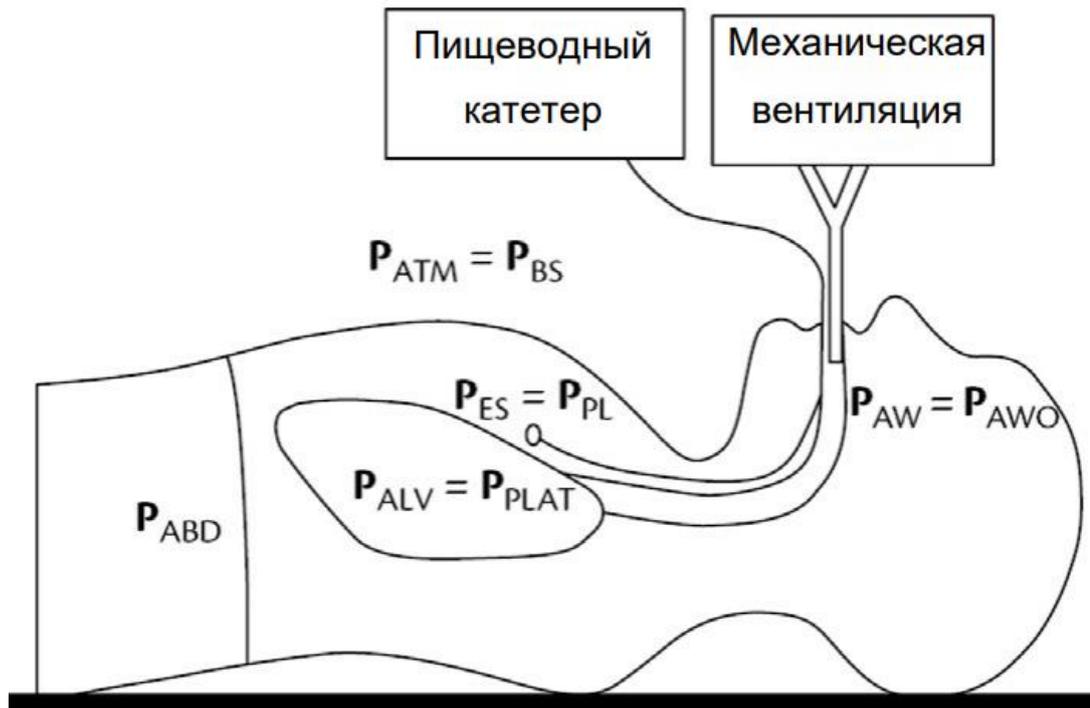


Рисунок 5 — Основные различные давления, связанные с легочной механикой [94]. P_{ABD} — внутрибрюшное давление; P_{ATM} — атмосферное давление; P_{ALV} — альвеолярное давление; P_{AW} — давление в дыхательных путях; P_{AWO} — давление открытия дыхательных путей; P_{BS} — давление поверхности тела; P_{ES} — давление в пищеводе; P_{PL} — плевральное давление; P_{PLAT} — давление плато. Транспульмональное давление (PL) является разницей между P_{AW} and P_{ES}

Поскольку измерения P_{ALV} и P_{PL} *in vivo* невозможны, предполагается, что P_{ALV} приблизительно равен статическому давлению при открытии дыхательных путей (P_{PLAT} , PEEP), а P_{PL} предполагается равным давлению в пищеводе. P_{TR} обычно описывается как растягивающееся давление легких, потому что он лучше всего описывает сумму взаимодействий P_{PL} и P_{ALV} через легкие. Поскольку P_{ES} может быть повышен в условиях ОРДС, ожирения или повышенного интраабдоминального давления, использование P_{TR} позволяет титровать положительное давление на основе фактического давления, приложенного к легкому. Чтобы обеспечить оптимальную вентиляцию легких, PEEP может быть увеличен до тех пор, пока P_{TR} не станет положительным в конце выдоха, чтобы

сохранить дыхательные пути и альвеолы открытыми во время дыхательного цикла [94].

В конце вдоха P_{TR} оценивается путем расчета разницы $P_{PLAT} - P_{ES}$ во время вдоха. Он полезен при оценке порогов давления безопасности: P_{TR} для конца вдоха ниже 20 см H_2O обычно считается безопасным. Для легких только транспульмональное давление определяет растяжение альвеол. Внутриплевральное давление неравномерно распределено по легкому. В качестве суррогата давление в пищеводе может использоваться для оценки среднего значения P_{pl} [94]. Этот подход может использоваться, чтобы оценить P_L , который особенно выгоден в случаях влияния экстраторакальных факторов, таких как ожирение или увеличенное внутрибрюшное давление.

2.3.2 Характеристика методов интенсивной терапии пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер

При поступлении пациента в приемное отделение выяснялся анамнез, оценивались тяжесть травмы, необходимость проведения неотложных мероприятий по устранению жизнеугрожающих состояний (кровотечения, напряженного пневмоторакса, гемоторакса, повреждений трахеобронхиального дерева, сосудов, костного скелета). При наличии показаний к проведению хирургического гемостаза, дренирования плевральных полостей и других неотложных мероприятий пациент немедленно транспортировался в операционную. Параллельно с неотложными мероприятиями (обеспечение проходимости дыхательных путей, адекватного венозного доступа, инфузии), проводился первичный осмотр междисциплинарной бригадой: анестезиологом, хирургом, травматологом, нейрохирургом, при необходимости привлекался трансфузиолог. В это же время проводилось обследование, включающее УЗИ грудной, брюшной полости по алгоритму FAST, рентгенографию органов грудной клетки, при необходимости — костей таза, трубчатых костей, позвоночника,

торакоцентез, для исключения травмы органов брюшной полости выполняли УЗИ, КТ и по показаниям — лапароцентез. Также по показаниям проводилось КТ-исследование в режиме «политравма».

На этапе приемного отделения при необходимости осуществлялись интубация трахеи и перевод пациента на ИВЛ, а также хирургическое лечение в рамках концепции Damage control. Оно включало в себя остановку кровотечения из поверхностных ран, дренирование плевральных полостей. После проведения указанных мероприятий пациент транспортировался в отделение реанимации для продолжения интенсивной терапии.

Обезболивание проводилось с помощью болюсного или непрерывного внутривенного введения наркотических анальгетиков, применения НПВС. Использование регионарных методов обезболивания могло быть ограничено тяжестью состояния, наличием прямых противопоказаний, опасностью смещения отломков ребер, техническими трудностями. В случае необходимости в комплексное лечение болевого синдрома включалась седация.

Противошоковые мероприятия также включали инфузионно-трансфузионную терапию с целью восполнения ОЦК, возмещения кровопотери. По возможности стратегию инфузионно-трансфузионной терапии согласовывали с трансфузиологом. Целевыми показателями на данном этапе были уровень Hb выше 70 г/л., достижение положительного центрального венозного давления. В случае неэффективности инфузионной терапии с целью восстановления сосудистого тонуса подключали инотропную и вазопрессорную поддержку.

С учетом проведения активной хирургической тактики в группе 2 гидробаланс в этой группе был более положительным за счет статистически значимо более высокого объема кровопотери, а главное — большего объема инфузии и трансфузии СЗП и эритроцитной массы (Таблица 3).

Таблица 3 — Гидробаланс пациентов в первые сутки от момента поступления;
n = 107 (M ± m)

Показатель	Группа 1; n=70 (консервативная тактика)	Группа 2; n=37 (активная тактика)	Статистическая значимость отличий, p
Объем кровопотери, зарегистрированный в первые 24 часа	288,4 ± 9,3	569,4 ± 11,2	p < 0,001
Объем СЗП, мл	584,3 ± 11,6	1224,0 ± 14,6	p < 0,001
Объем эритроцитной массы, мл	422,7 ± 8,9	1004,1 ± 12,8	p < 0,001
Объем перелитых кристаллоидов, мл	2822,3 ± 24,6	3941,6 ± 32,2	p < 0,001
Диурез, мл	422,7 ± 8,9	1004,1 ± 12,8	p=0,21
Диурез, мл/кг/час	0,54 ± 0,02	0,51 ± 0,03	p=0,40
Гидробаланс, мл	+2480,3 ± 41,4	+4512,6 ± 52,2	p < 0,001

При достижении коррекции выраженных отклонений гомеостаза решался вопрос о хирургической стабилизации переломов ребер. Как правило, оперативные вмешательства выполнялись в первые 24 часа от момента поступления пациента в стационар. В послеоперационном периоде продолжалась респираторная поддержка. При наличии явлений шока, в ряде случаев рефрактерного, а также предполагаемой длительности ИВЛ более 3 суток, рассматривался вопрос о наложении трахеостомы, что обеспечивало комфорт пациента, облегчало адаптацию к ИВЛ, снижало потребность в седации, позволяло проводить адекватную санацию трахеобронхиального дерева, в том числе за счет содействия

пациента. Затруднения санации трахеобронхиального дерева были связаны с отсутствием активного кашлевого процесса по причине болевого синдрома и нарушения каркасности грудной клетки. В связи с этим проводились санационные бронхоскопии.

Профилактика и купирование психомоторного возбуждения включала немедикаментозные и медикаментозные методы: соблюдение протокола «реабит» с обеспечением (по возможности) ночного снижения количества процедур, затемнения помещения и приглушение речи. При наличии признаков психомоторного возбуждения или развитии делирия выполнялась поверхностная седация с помощью дексмедетомидина. Объем медикации определялся индивидуально, согласно шкалам агитации (Ричмондская шкала агитации-седации RASS и шкала седации Ramsay). На всех этапах у пациентов мониторировался температурный гомеостаз: проводился контроль температуры тела, велась профилактика гипотермии с помощью термоодеял, а также гипертермии с проведением ее коррекции с помощью физических и медикаментозных методов.

Антибактериальные препараты применялись как с целью профилактики развития, так и лечения инфекционных осложнений. Группы и дозы препаратов определялись индивидуальной потребностью пациента, характером повреждения, степенью поражения респираторной системы, микробным пейзажем, характерным для каждого учреждения, а также с учетом результатов микробиологических исследований. При верификации сопоставимости групп было выявлено, что во всех трех стационарах, вошедших в исследование, нозокомиальная флора была идентичной.

Поддержание нутритивного статуса обеспечивалось комбинацией энтерального и при необходимости парентерального питания в объеме, необходимом для обеспечения конкретных потребностей пациента. Расчет энергетической потребности проводили по формулам из расчета 25–30 ккал/кг/сутки, потребность в белке — 1,2 г/кг/сутки. Выход на расчетные параметры осуществляли за 72–96 часов. В случае исходно низкого нутритивного

статуса (ИМТ ниже 19) и отсутствия возможности проведения энтерального питания в объеме, полностью покрывающем физиологические потребности, подключали парентеральное питание. Противопоказанием к его назначению было наличие шока. При снижении дозы норадреналина до 0,2 мкг/кг/мин. начало парентерального питания считали возможным.

2.3.3 Хирургическое лечение

С целью фиксации фрагментарных переломов ребер и стабилизации каркаса грудной клетки использовали две методики оперативного лечения пострадавших.

При наличии открытых загрязненных ран (огнестрельные, минно-взрывные поражения) применяли методику аппаратной внешней фиксации костей грудной клетки с устройством для его безопасного монтажа, относящегося к стержневым аппаратам «внеочаговой» фиксации (Рисунок 6). Данный аппарат предназначен для остеосинтеза ребер и грудины при множественных переломах с нарушением каркасной функции грудной клетки.

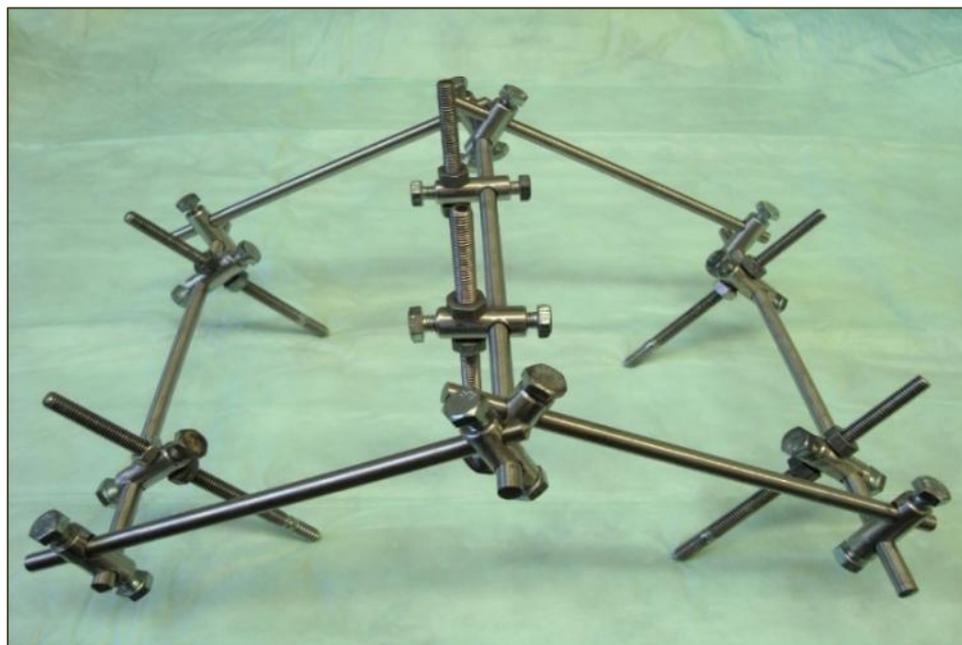


Рисунок 6 — Аппарат внешней фиксации при множественных переломах ребер (патент на полезную модель № 79029 от 20.12.2008 года)

В случае закрытых травм грудной клетки применяли методику оперативного лечения погружными конструкциями с помощью пластин (Рисунок 7).

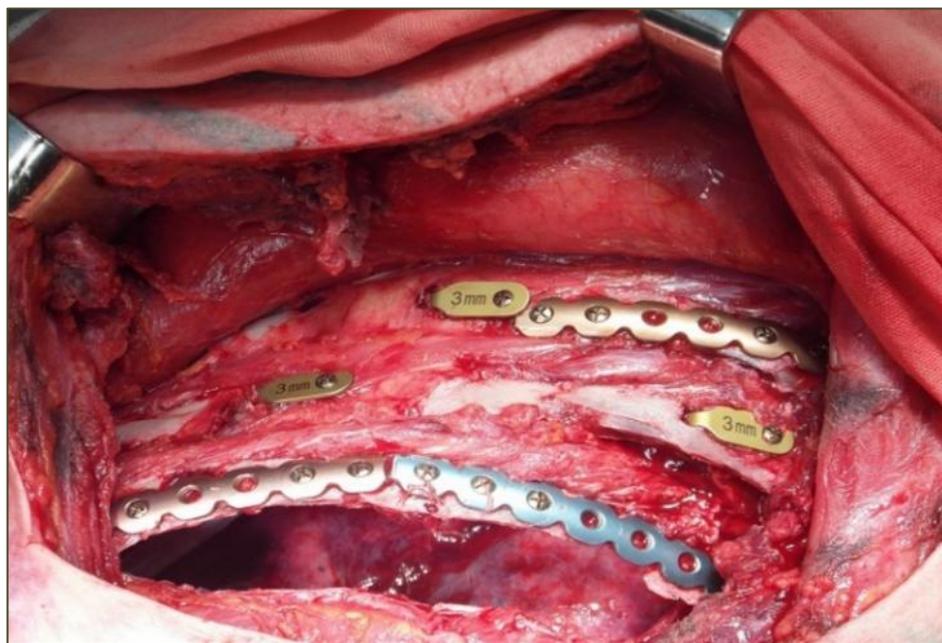


Рисунок 7 — Методика фиксации при множественных переломах ребер с помощью погружных пластин

2.3.4 Анестезиологическое обеспечение операций хирургической стабилизации множественных переломов ребер

Анестезиологическое обеспечение периоперационного периода включало несколько этапов, обеспечивающих безопасность и комфорт пациента в процессе хирургического вмешательства и послеоперационного периода. Подготовка пациента к анестезии начиналась с момента принятия решения о проведении хирургического лечения и включала оценку операционно-анестезиологического риска по МНОАР и ASA, сбор анамнеза, проведение полного объема необходимых лабораторных и инструментальных исследований, определение объема и сроков предоперационной подготовки и проведение необходимых мероприятий по стабилизации состояния пациента. По возможности проводилась коррекция нарушений гемодинамики, КОС, гемостаза, восполнение кровопотери, нормализация газообмена. Следующим этапом определялся вид

анестезиологического пособия, назначалась и проводилась премедикация с помощью М-холиноблокаторов (атропин 0,01–0,02 мг/кг) и наркотических анальгетиков (морфин 0,05 мг/кг в/м или промедол 0,2–0,3 мг/кг в/м).

При проведении хирургических вмешательств использовали два основных метода анестезии — тотальную внутривенную (ТВА) с ИВЛ и комбинированную (ТВА и ингаляционная с ИВЛ). Выбор метода анестезии и комбинации препаратов определяли с учетом уровня операционно-анестезиологического риска, характера повреждения, индивидуальных особенностей, соматического и волемического статуса пациента, предполагаемого объема, продолжительности и характера оперативного вмешательства.

ТВА на основе пропофола: индукция — пропофол, согласно рекомендациям, болюсно (40 мг каждые 10 сек. до достижения клинического эффекта) или инфузионно микроструйно, суммарная доза 2–2,5 мг/кг. Пациентам с 3 и 4 степенью риска по ASA препарат вводился в меньших дозах (1–1,5 мг/кг). Миоплегия выполнялась с помощью рокурония 0,45–0,6 мг/кг, поддерживающая доза — 0,16 мг/кг. Интубация трахеи проводилась с применением прямой ларингоскопии или бронхоскопически-ассистированная, в ряде случаев использовался видеоларингоскоп. ИВЛ осуществлялась воздушной смесью в режиме нормовентиляции с использованием аппаратов Venar Chirana (Словакия), Fabius-Tiro Draeger (Германия). Поддержание анестезии велось постоянной инфузией пропофола с помощью шприцевого дозатора в дозе 4–12 мг/кг/час; аналгезия: фентанил – непрерывная дозированная инфузия 6–10 мкг/кг/час в течение первого часа, 4–7 мкг/кг в последующие часы, либо 1–2 мкг/кг каждые 20–30 мин.

ТВА на основе кетамина: индукция — кетамин 0,5–2 мг/кг массы тела болюсно; миоплегия — рокуроний 0,45–0,6 мг/кг; интубация трахеи; ИВЛ воздушной смесью в режиме нормовентиляции с использованием аппаратов Venar Chirana (Словакия), Fabius-Tiro Draeger (Германия); поддержание анестезии — инфузия кетамина 10–45 мкг/кг/мин.; поддержание миоплегии: рокуроний — 0,16 мг/кг; аналгезия: фентанил в виде непрерывной дозированной инфузии 2–3 мг/кг/час, либо 0,5–1,5 мкг/кг каждые 20–30 мин.

Комбинированный наркоз севофлюраном: индукция — пропофол болюсно (40 мг каждые 10 сек. до достижения клинического эффекта) или инфузионно, суммарная доза 2–2,5 мг/кг; интубация; ИВЛ с использованием аппаратов Venar Chigana (Словакия), Fabius-Tiro Draeger (Германия) воздушной смесью в режиме нормовентиляции ($P_aCO_2 = 36–38$ мм рт. ст., $Et CO_2 33–38$ мм рт. ст, $SaO_2 = 98–99$ %); поддержание анестезии — севофлюран 1–1,5 МАК; аналгезия: фентанил — непрерывная дозированная инфузия 4–8 мкг/ кг/час.

Оценку глубины анестезии проводили на основании клинических данных, а также с помощью биспектрального индекса (БИС), когда это было технически возможно. Мониторинг показателей включал неинвазивное измерение артериального давления, пульсоксиметрию ЧСС и капнографию. С целью коррекции параметров ИВЛ, электролитных нарушений проводили лабораторный контроль КОС (рН, pO_2 , pCO_2 , SO_2 , BE, K, Na, Cl), с целью коррекции анемии, а также нарушений гемостаза выполняли клинический анализ крови и гемостазиограмму.

Учитывая стойкий болевой синдром, вызванный как непосредственно механическим повреждением, так и связанный с травматичностью оперативного вмешательства, пациентам требовалось качественное послеоперационное обезболивание, которое обеспечивалось комбинацией НПВП и наркотических анальгетиков и контролировалось с помощью визуально-аналоговой шкалы боли у пациентов, находящихся в сознании. Применяли болюсное и, в случае введения наркотических анальгетиков, непрерывное внутривенное введение препаратов с использованием шприцевого дозатора. Дозы определяли индивидуально.

Уровень седации варьировал в зависимости от потребностей пациента и находился в коридоре от -1 до -5 согласно RASS. В зависимости от гемодинамического профиля, индивидуальных особенностей пациента применяли следующие препараты: мидазолам, дексмедетомедин, пропофол, кетамин. Дозы препаратов титровались до оптимальных, достаточных для снижения уровня возбуждения, достижения комфортных условий для пациента, проведения респираторной поддержки. Правильно выбранная стратегия подбора и

оптимальное соотношение препаратов в корректных дозах позволяло своевременно переходить к адаптивным параметрам ИВЛ, контактировать с пациентом, начинать активизацию, ранние реабилитационные мероприятия.

2.3.5 Особенности искусственной вентиляции легких у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер

Режим ИВЛ в предоперационном периоде у пациентов группы 1 ($n = 70$) проводился согласно клиническим рекомендациям [4; 5; 14]. До появления указанных рекомендаций — согласно концепции «безопасной ИВЛ». Перед началом установки параметров определялась идеальная масса тела (ИМТ):

- для мужчин ИМТ (кг) = $50 + 0,91 (\text{Рост [см]} - 152,4)$;
- для женщин ИМТ (кг) = $45,5 + 0,91 (\text{Рост [см]} - 152,4)$.

Устанавливались следующие параметры: V_t — 8 мл/кг ИМТ, ПДКВ — 5 см вод. ст., FiO_2 — 40–100 % до достижения SpO_2 88–95 %. Частоту дыханий устанавливали с учетом обеспечения необходимого минутного объема и достижения целевого значения $PaCO_2$. Скорость инспираторного потока определялась потребностями пациента и составляла 40–80 л/мин. Инспираторное время устанавливалось в диапазоне 0,8–1,3 сек. для предотвращения инверсного соотношения вдоха к выдоху.

При отсутствии противопоказаний ПДКВ настройки проводились эмпирически, с учетом ИМТ, и устанавливались на уровне 5–12 мбар. Наличие недренированного пневмоторакса, выраженная гиповолемия, рефрактерная артериальная гипотензия, жизнеугрожающие аритмии являлись противопоказаниями к установке ПДКВ. При наличии дренированного пневмоторакса оценивали соотношение «риск–польза» от применения ПДКВ в каждом конкретном случае в зависимости от выраженности воздушной утечки, локализации повреждения и наличия сопутствующей патологии.

Режим ИВЛ в предоперационном периоде у пациентов второй группы ($n = 37$) соответствовал SIMV с контролем по давлению, с минимальной дыхательной

активностью пациента. FiO_2 и частоту аппаратных вдохов регулировали на основании значений SpO_2 , PaO_2 и $PaCO_2$. Показатели SpO_2 признавали удовлетворительными при значениях 93–95 %, PaO_2 в пределах 85–90 мм Нг. Настройку ПДКВ проводили на основании данных измерения Pes и медианы Ptp . Мониторинг этих показателей определялся с помощью баллона, устанавливаемого в нижней трети пищевода.

После операции хирургической стабилизации рёбер пациентов основной группы максимально быстро переводили в режим PS. Критериями являлись данные мониторинга WOB_p , V_{ti} , VCO_2 , PaO_2 , показатели КТ-исследования органов грудной клетки и субъективные данные пациента при уменьшении количества активных аппаратных вдохов. Мониторинг включал измерение Pes и медианы Ptp , график последней не должен был снижаться ниже изолинии. Показатели биомеханики дыхания фиксировали каждый час на протяжении первых 12 ч. и затем каждые 12 ч. при проведении ИВЛ. В карту исследования вносились худшие результаты.

2.4 Методы статистического анализа

Для проведения математического анализа использовался пакет прикладных программ SPSS версии 20 (США). Все данные были отнесены к одной из трех шкал:

1. Номинальная шкала. Числа, хранимые в базе данных, являлись условным кодом.
2. Порядковая шкала. Числа, хранимые в базе данных, выражали степень развития признака.
3. Шкала отношений (и интервальная шкала). Числа, хранимые в базе данных, численно характеризовали физическую и/или биологическую величину в единицах ее измерения.

На первом этапе статистического анализа приводили описательную статистику, на втором формулировали статистические гипотезы, изучали связи между признаками и исследовали значимость различий между группами. На

заключительном этапе делали статистические выводы. Для данных, представленных в номинальной и порядковой шкалах, приводились частоты с указанием процентов. Для данных, представленных в интервальной шкале, приводились среднее значение \pm стандартное отклонение, а также вычислялась медиана, первая и третья квартили $Me [q1; q3]$. Также для данных, представленных в интервальной шкале, приводили минимумы и максимумы.

Применительно к данным, представленным в интервальной шкале, для проверки на нормальность использовали одновыборочные тесты Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Хи-квадрат Пирсона. Для данных с нормальным распределением использовали t-тест и дисперсионный анализ, коэффициент корреляции Пирсона. Статистическая обработка данных с ненормальным распределением осуществлялась с помощью непараметрических методов статистики. U-критерий Манна-Уитни использовали для оценки различий между двумя независимыми выборками (в том числе малыми выборками) по уровню признака, измеренного количественно. В частности, если профили функций распределения не отличались, тест Манна-Уитни использовали для ответа на вопрос о равенстве медиан в группах. Использовали критерий Хи-квадрат и точный тест Фишера. Уровень значимости был принят как $p = 0,05$.

Глава 3.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМОЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ В РАННЕМ ПЕРИОДЕ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

Все пациенты с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер поступили в стационар в тяжелом состоянии, требующем проведения комплексной интенсивной терапии: адекватного обезболивания, инфузионно-трансфузионной терапии, устранения гемо- и пневмоторакса, респираторной терапии, включая ИВЛ. В исследуемых нами группах пациентов частота травматического поражения легких была сопоставима. У всех пациентов были показания к проведению ИВЛ, включающие не только развитие острой дыхательной недостаточности вследствие нарушения каркасности грудной клетки, но и респираторные нарушения вследствие ушиба, ателектазов легких и пневмоторакса. У всех пациентов имела место клиническая картина травматического шока. Безусловно, наиболее важным условием для оперативного лечения по восстановлению каркасности грудной клетки явилось проведение эффективной противошоковой терапии. Контролируемые лабораторные показатели не в полной мере отражают все глубокие биохимические сдвиги гомеостаза у больных с ТТГК. В наше исследование были включены данные историй болезни пациентов всех трех исследовательских центров.

3.1 Оценка влияния догоспитального времени, возраста, сочетанной патологии и тяжести состояния при поступлении у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки на прогноз критического состояния

Все пациенты являлись жителями разных регионов (Московской, Свердловской и Тюменской областей), и достаточный процент из них получили

травму на удалении от специализированных травматологических центров. В группе консервативной тактики 55,7 % пациентов потребовали медицинской эвакуации из области в специализированный травматологический центр, из группы активной тактики — 51,3 %. Время доезда БСМП до места происшествия (в основном ДТП), показатели мониторинга и объем оказания медицинской помощи, а также догоспитальное время в группах (время в часах от момента получения травмы до момента прибытия в специализированный травматологический центр) были сопоставимы (Таблица 4).

Таблица 4 — Особенности догоспитального этапа лечения пациентов с ТТГК, которым потребовалась перегоспитализация в специализированный центр

Основные показатели догоспитального этапа лечения	Группа 1; n = 70 (консервативная тактика)	Группа 2; n = 37 (активная тактика)	Статистическая значимость отличий между группами, t; p
Численность перегоспитализированной группы, n; %	39 (55,7 %)	19 (51,3 %)	t = 0,18; p = 0,66
Время доезда БСМП, мин.	37,4 ± 11,6	42,5 ± 10,9	t = 0,32; p = 0,74
Объем оказанной помощи БСМП, χ^2 ; p			
Мониторинг ЧД, ЧСС, АД, SpO ₂	70 (100 %)	37 (100 %)	p = 1,0
Обезболивание наркотическими анальгетиками	54 (77,1 %)	30 (81,0 %)	t = 0,22; p = 0,63
Обезболивание + инфузионная терапия	32 (45,7 %)	16 (43,2 %)	t = 0,06; p = 0,80
Показатели мониторинга и догоспитальное время			
ЧД, в 1 мин.	26,5 ± 0,7	25,9 ± 0,8	t = 0,56; p = 0,57
FiO ₂ в процессе эвакуации	39,8 ± 2,2	37,3 ± 3,1	t = 0,66; p = 0,51
Догоспитальное время, часы	28,6 ± 1,4	31,4 ± 1,2	t = 1,52; p = 0,13

Понимая прогностическую важность исходной тяжести состояния, а также характер и адекватность первой медицинской помощи, мы провели корреляционный анализ связи прогноза (летального исхода) травмы с тяжестью состояния, возрастом, индексом коморбидности Чарлсона, временем доезда БСМП и догоспитальным временем (Рисунок 8). Была установлена связь негативного прогноза с догоспитальным временем — $r = 0,51$; $p < 0,05$, исходной тяжестью состояния по шкале SOFA — $r = 0,63$; $p < 0,05$; в то же время по шкале APACHE II — $r = 0,45$; $p < 0,05$ (связь умеренная, прямая) и по шкале ISS — $r = 0,34$; $p < 0,05$ (связь умеренная, прямая). Время доезда БСМП и индекс коморбидности не состояли в значимой корреляционной связи с прогнозом. Очевидно, первое связано с соблюдением стандартов оказания медицинской помощи, второе — с относительно молодым возрастом пострадавших.

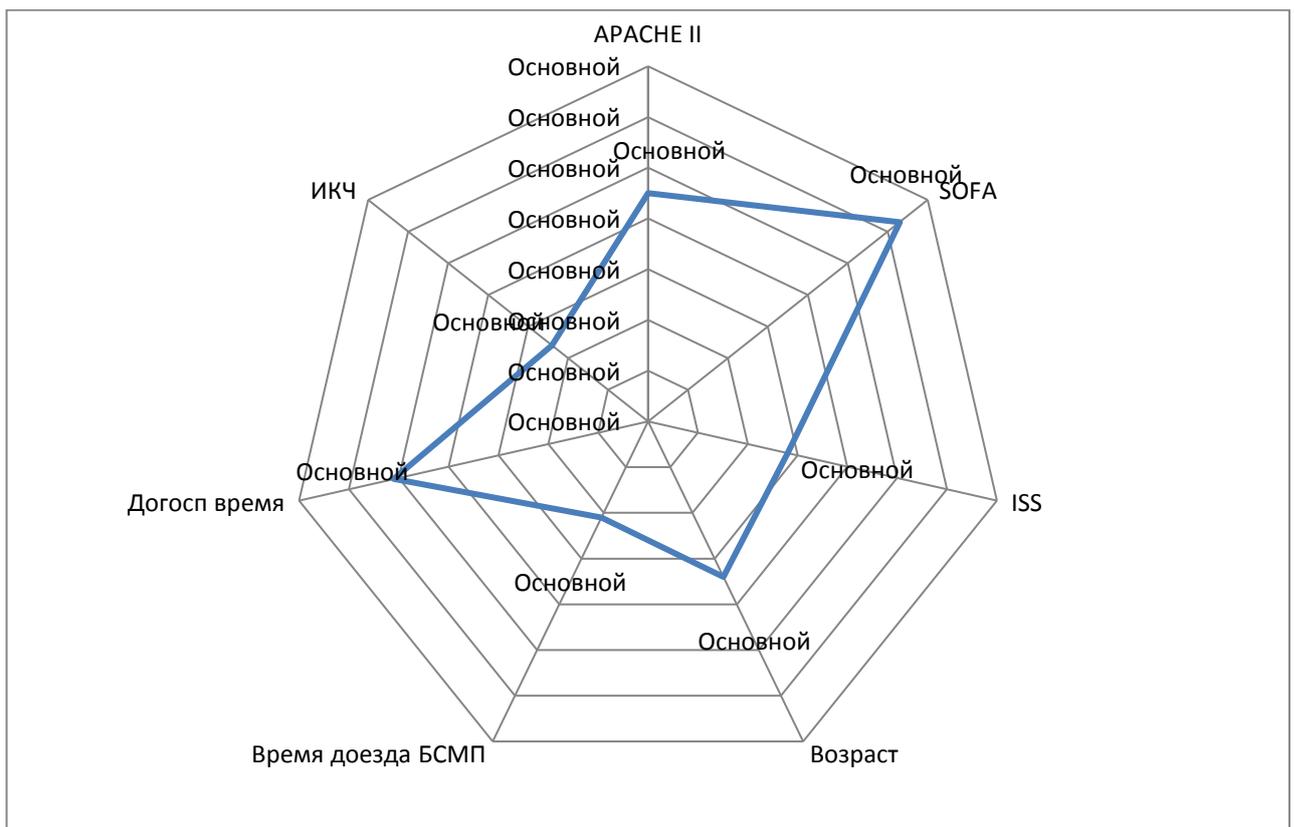


Рисунок 8 — Корреляционная связь с прогнозом исходной тяжести состояния, характера и адекватности первой медицинской помощи

3.2 Оценка изменений в показателях общего анализа крови, биохимии, кислотно-основного состояния и системы гемостаза у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

При поступлении у всех пациентов отмечалась клиническая картина травматического и в ряде случаев геморрагического шока. Со стороны общего анализа крови было выявлено снижение уровня эритроцитов, гемоглобина и гематокрита (ниже референсных значений), 2-кратное превышение верхних референсных значений уровня лейкоцитоза и нейтрофильный сдвиг, тенденция к лимфопении и эозинопении (Таблица 5). Эти изменения характеризуют острый период травматической болезни.

Таблица 5 — Показатели общего анализа крови у пациентов с ТТГК в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Показатель	Референсные значения	Средние значения по группе, $M \pm m$
Эритроциты, $\times 10^9/\text{л}$	3,8–5,3	$3,75 \pm 0,08$
Гемоглобин, г/л	117–160	$113,8 \pm 2,8$
Гематокрит, %	35–47	$34,1 \pm 0,7$
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	4,0–10,0	$20,9 \pm 1,0$
Эозинофилы, $\times 10^9/\text{л}$	0,02–0,5	$0,13 \pm 0,02$
Нейтрофилы, $\times 10^9/\text{л}$	1,8–7,7	$17,0 \pm 0,9$
Лимфоциты, $\times 10^9/\text{л}$	1,4–4,8	$1,5 \pm 0,1$

Выраженная тенденция к лимфопении побудила нас оценить ее предикторную роль в развитии септических осложнений при ТТГК. Лимфопения (снижение абсолютного числа лимфоцитов $< 1 \times 10^9/\text{л}$ у взрослых) была идентифицирована в когортных исследованиях как плохой прогностический показатель и связана с более высокой внутрибольничной смертностью и более

низкой годовой выживаемостью по сравнению с нелимфопеническими критическими состояниями, в частности сепсисом. Клеточные и молекулярные механизмы, лежащие в основе лимфопенического сепсиса, и его долгосрочные последствия остаются неизвестными [91].

В недавно опубликованном исследовании Liu W. с соавт. [87], проведенном у 1027 пациентов с сепсисом, была описана нелинейная связь между низким уровнем лимфоцитов (пороговый уровень $0,6 \times 10^9/\text{л}$) и 90-дневной смертностью от сепсиса. Показатель ниже порогового указывал на повышение шансов смертности как 1,74 ($p = 0,001$), а риск особенно заметен был у лиц с хроническими заболеваниями легких. В нашем исследовании пациенты с хронической обструктивной болезнью легких попадали в критерии исключения из исследования.

Несмотря на обилие доказательств прогностической роли лимфопении в генезе иммуносупрессии при критических состояниях, исследования роли лимфопении при ТТГК единичны. Так, в исследовании Koch K. с соавт. [24], проведенном у 1394 пациентов с тупой травмой грудной клетки, было установлено, что лимфопения была ассоциирована с более длительным пребыванием в больнице ($11,6 \pm 10,2$ против $10,1 \pm 11,4$; $p = 0,009$) и внутрибольничной смертностью (9,7 % против 5,8 %; $p = 0,006$). Вместе с тем в дизайне данного исследования указано, что лишь в 11 % случаев это была изолированная травма, в остальных же фигурировало сочетание с черепно-мозговой травмой, травмой живота, конечностей и челюстно-лицевой области. Сравнительный анализ средних значений содержания лимфоцитов в формуле крови в первые сутки от момента поступления в группе выживших ($n = 86$) и умерших пациентов ($n = 21$) вне зависимости от тактики лечения показал, что в группе выживших больных уровень лимфоцитов был статистически значимо выше ($2,24 \pm 0,19 \times 10^9/\text{л}$ против $1,11 \pm 0,16$; $p = 0,003$), что отражено на рисунке 9.

Травматический шок также вызвал развитие гипопропротеинемии, гипергликемии и повышение уровня креатинина при нормальных значениях мочевины. Обратило на себя внимание, что стрессовая гипергликемия при ТТГК не была интенсивной и лишь слегка выходила за референсные значения. Уровень

креатинина находился на верхней границе нормы. Наиболее серьезные отклонения от нормы мы отметили в значениях уровней АСТ и АЛТ. Так, АСТ составила более 5 норм, а АЛТ — почти 4 верхних границы нормы при нормальном уровне билирубина.

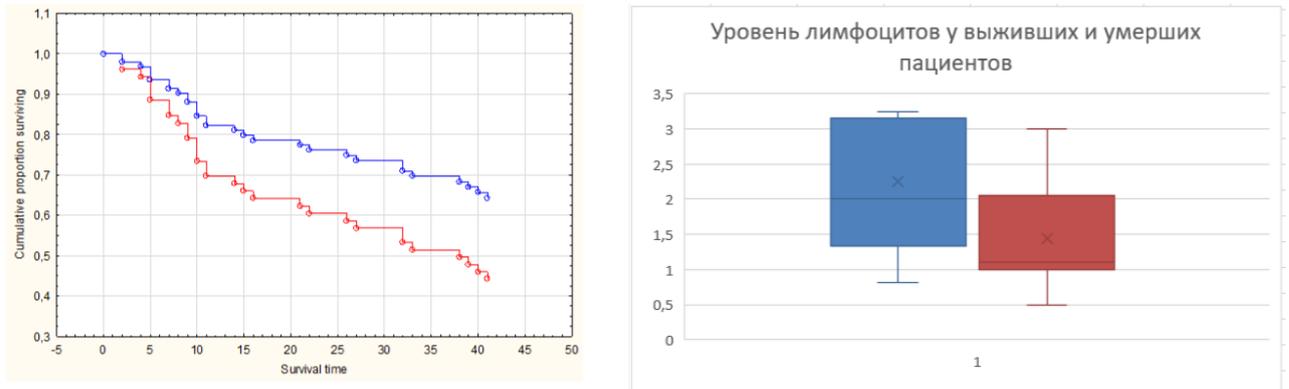


Рисунок 9 — Кривые выживаемости и средние значения уровня лимфоцитов в первые сутки у выживших и умерших пациентов

Существует гипотеза о связи классических печеночных биомаркеров с посттравматическим рабдомиолизом. Травматический рабдомиолиз может играть важную роль в развитии других системных нарушений, особенно на печеночном уровне, в дополнение к уже известной и хорошо описанной почечной недостаточности (Таблица 6).

При оценке показателей биохимии крови обращало на себя внимание не только отклонение от референсных значений, но и, несмотря на нормальные или слегка измененные средние величины, наличие большого разброса значений показателей уровня калия [2,2–5,6 ммоль/л] и креатинина [63–138 мкмоль/л]. Предполагая важность данных показателей в формировании прогноза критического состояния, мы изучили динамику калия и креатинина на 1, 7 и 10–14 сутки (в зависимости от длительности пребывания в отделении реанимации) травматической болезни в группе выживших и умерших пациентов. Выяснилось, что уже с первых суток данные показатели могли являться маркерами неблагоприятного прогноза, демонстрируя значительные отклонения от нормы в группе умерших пациентов (на диаграмме обозначены как 0) в отличие от

выживших (на диаграмме обозначены как 1). Обращает на себя внимание факт, что в первые сутки отличия были минимальными, приобретая более выраженные отклонения на 7 и 10–14 сутки (Рисунки 10, 11).

Таблица 6 — Показатели биохимического анализа крови у пациентов с ТТГК в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Показатель	Референсные значения	Средние значения по группе; $M \pm m$
Общий белок, г/л	66–83	$52,5 \pm 1,4$
Мочевина, моль/л	2,8–7,2	$7,1 \pm 0,3$
Креатинин, мкмоль/л	44–90	$99,4 \pm 3,5$
Билирубин, мкмоль/л	5,0–21,0	$17,3 \pm 1,4$
Глюкоза, ммоль/л	4,1–5,9	$8,9 \pm 0,3$
Натрий, ммоль/л	135–152	$141,3 \pm 0,4$
Калий, ммоль/л	3,5–5,3	$4,1 \pm 0,9$
АСТ, ЕД/л	0–35,0	$195,7 \pm 20$
АЛТ, ЕД/л	0–35,0	$132,7 \pm 15$

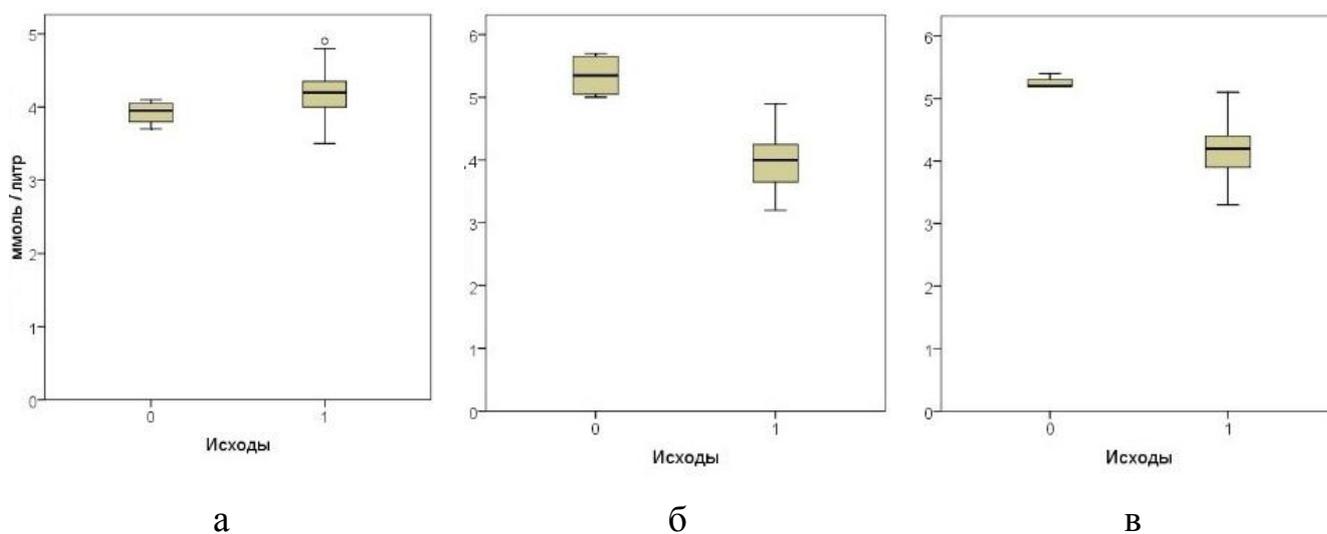


Рисунок 10 — Уровень калия в сыворотке крови и исходы травматической болезни на 1-е (а), 7-е (б) и 10–14-е сутки (в) в группе выживших (на диаграмме обозначены как 1) и умерших пациентов (на диаграмме обозначены как 0)

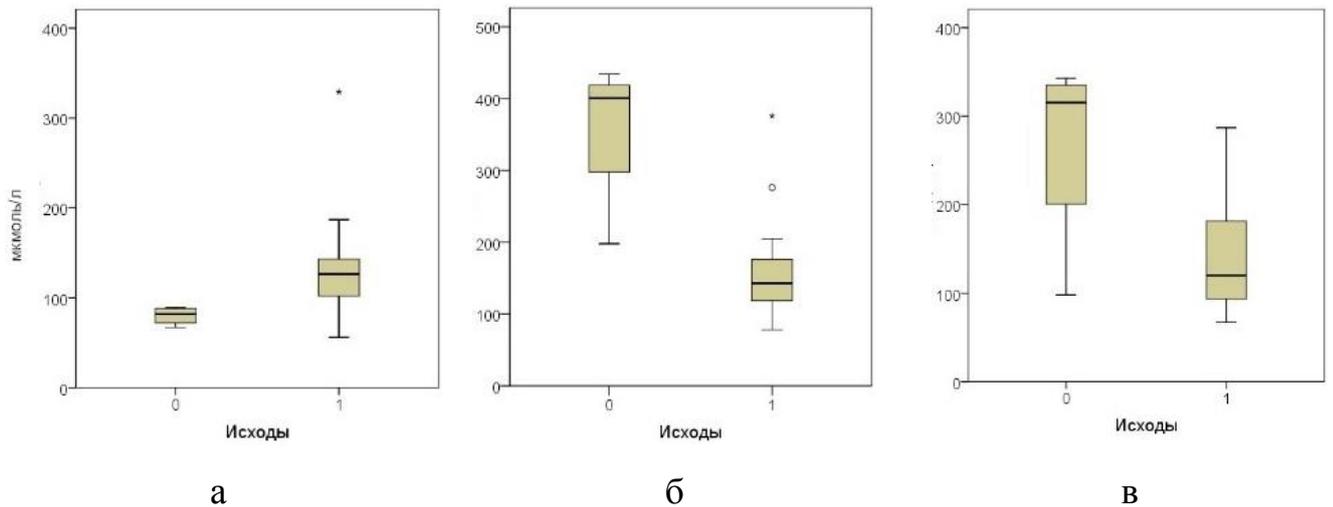


Рисунок 11 — Уровень креатинина в сыворотке крови и исходы травматической болезни на 1-е (а), 7-е (б) и 10–14-е сутки (в) в группе выживших (на диаграмме обозначены как 1) и умерших пациентов (на диаграмме обозначены как 0)

Острый период шока характеризовался ожидаемым развитием ацидоза с дефицитом бикарбонатов и гипоксемией, непосредственно связанной с дыхательными расстройствами, вызванными повреждением ребер и ушибом легких. В результате гипоксии у пациентов изменялся метаболизм, переключаясь на анаэробный гликолиз, что приводило к росту лактата сыворотки крови. Все выявленные нарушения не несли критического характера, что предполагало быстрое восстановление транспорта кислорода в тканях благодаря противошоковой терапии и позволяло максимально рано начать хирургическое лечение.

Система гемостаза, несмотря на наличие кровотечений различной интенсивности у большинства пациентов, в раннем периоде травматической болезни не претерпела отклонений от референсных значений (Таблица 7). Между тем, хорошо известно, что коагулопатия является облигатным спутником тяжелой травмы, особенно травмы легкого, ответственного за выработку гепарина. Мы не исключаем, что некоторые изменения в гомеостазе пациентов с ТТГК могут быть предикторами нарушений в системе гемокоагуляции.

Таблица 7 – Некоторые показатели системы гемостаза у пациентов с ТТГК в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Показатель	Референсные значения	Средние значения по группе, $M \pm m$
Фибриноген, г/л	2–4	$3,0 \pm 0,5$
АЧТВ, сек.	25–42	$25,3 \pm 0,9$
ПТИ, %	70–120	$86,2 \pm 1,7$
МНО	0,95–1,2	$1,09 \pm 0,02$
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$	180–320	$252,2 \pm 16,0$

3.3 Поиск предикторов коагулопатии у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Среди наиболее ранних и ярких изменений в гомеостазе пациентов с ТТГК лейкоцитоз является одним из первых, поскольку анализ крови относится к лабораторным тестам, который используется повсеместно. Проблема стрессового лейкоцитоза в настоящее время является недостаточно изученной несмотря на то, что факт повышения уровня лейкоцитов у пациентов с травматическим шоком известен. В некоторых литературных источниках не исключается связь выраженности лейкоцитоза с интенсивностью последующей коагулопатии. Учитывая наличие 2-кратного повышения уровня лейкоцитов в общей группе, мы провели корреляционный анализ гликемии с некоторыми показателями гомеостаза пациентов в остром периоде травматической болезни в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации.

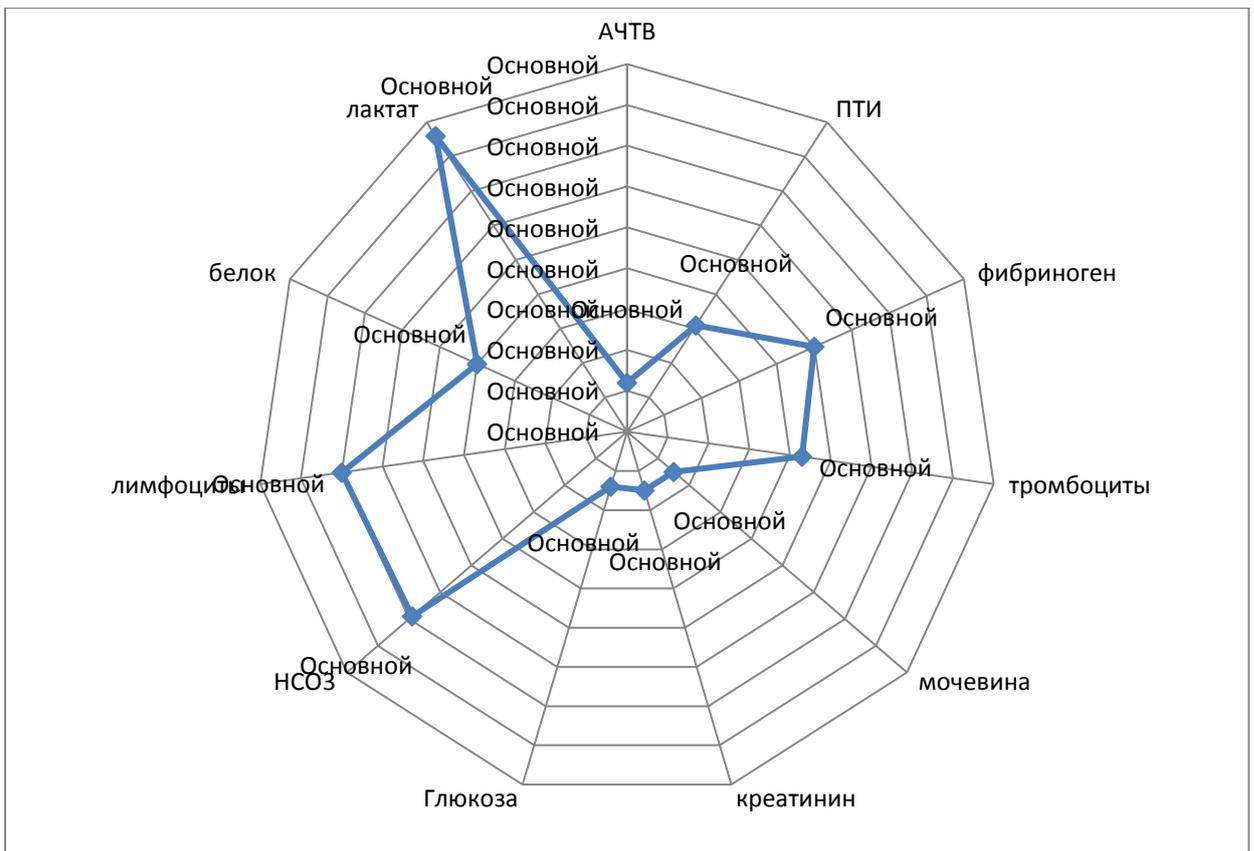


Рисунок 12 — Корреляция уровня гликемии с некоторыми показателями гомеостаза пациентов в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Гипотеза о предикторной роли лейкоцитоза в прогнозировании коагулопатии в ответ на травматическое повреждение отчасти подтвердилась: выявлена средняя прямая корреляционная зависимость выраженности лейкоцитоза с уровнем фибриногена ($r = 0,5$; $p < 0,05$) и обратная — с уровнем тромбоцитов ($r = -0,31$; $p < 0,05$). Менее тесной и также обратной была корреляция гликемии с ПТИ ($r = -0,43$; $p < 0,05$). При этом не было установлено корреляции с такими показателями, как АЧТВ и МНО ($r = 0,12$, $r = 0,18$ соответственно). Таким образом, подъем лейкоцитоза в раннем периоде травматической болезни может служить предиктором развития тромбоцитопении и гиперфибриногенемии, что необходимо учитывать при планировании периоперационного периода и, возможно, чаще мониторировать данные показатели с целью более ранней детекции расстройств в системе гемокоагуляции.

Кроме того, выявлена тесная прямая корреляционная связь лейкоцитоза с уровнем лактата сыворотки крови ($r = 0,86$; $p < 0,05$) и дефицитом бикарбонатов ($r = 0,69$; $p < 0,05$). В данном случае лейкоцитоз не играл предикторной роли в прогрессировании метаболических нарушений, а являлся, вероятно, либо следствием тканевой гипоксии, либо данные расстройства были ассоциированными. В работах первого десятилетия XXI века высказывались предположения о взаимосвязи этих факторов, в частности были опубликованы результаты исследований, свидетельствующие о гипоксии как пусковом факторе воспалительных процессов, непосредственно ассоциированных с острым легочным повреждением [141, 55, 74]. В этой связи можно провести дальнейшие исследования, тем не менее, в нашей когорте корреляции между лейкоцитозом и газами артериальной крови (paO_2 , $paCO_2$) не выявлены.

Результаты наших исследований свидетельствуют о тесной обратной корреляционной связи между лейкоцитозом и абсолютным числом лимфоцитов ($r = -0,70$; $p < 0,05$), что позволило нам обосновать роль высокого уровня стрессового лейкоцитоза как предиктора иммуносупрессии, указывая на тесную его связь с развитием лимфопении. В 2023 году была высказана идея, что лимфопения является противоречивым маркером тяжести травмы и клинических исходов. Важная роль при этом отводится балансу воспалительной и противовоспалительной систем. На небольшой когорте пациентов с политравмой было доказано, что лимфопения являлась предиктором более длительного пребывания в стационаре, при этом тяжесть травмы по ISS не коррелировала с длительностью лечения [48]. Безусловно, в регуляции иммунного ответа на травму участвует множество факторов как клеточного, так и гуморального звена, вместе с тем полученные нами данные позволяют еще раз подтвердить предикторную роль стрессового лейкоцитоза как в генезе расстройств в системе гемокоагуляции, так и в возможности прогрессирования системной воспалительной реакции при ТТГК.

Проведение корреляционного анализа данных показателей с другими параметрами гомеостаза позволило нам установить наиболее тесную связь АСТ и АЛТ с параметрами гемокоагуляции: АСТ и АЛТ находились в обратной

корреляционной связи с МНО: $r = -0,79$ ($p < 0,05$) и $r = -0,84$ ($p < 0,05$) соответственно; с ПТИ отмечена тесная прямая корреляционная связь: $r = 0,98$ ($p < 0,05$) и $r = 0,96$ ($p < 0,05$) для АСТ и АЛТ соответственно. Подобные сдвиги могут способствовать нарушениям гемостаза в периоперационном периоде. Таким образом, ранние сдвиги в биохимических показателях могут служить предикторами более поздно развивающихся коагуляционных расстройств.

3.4 Оценка биомеханики дыхания у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки, переведенных на искусственную вентиляцию легких в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации

Выраженность гипоксемии и тяжесть шока, безусловно, являлись показанием для перевода пациентов на ИВЛ в первые минуты / часы оказания медицинской помощи. В первые сутки из 105 пациентов были документированы параметры биомеханики дыхания у 42 выживших и 21 умершего в дальнейшем пациента из переведенных на ИВЛ. Сравнительная оценка биомеханики дыхания в целом в когорте выявила высокий уровень пикового давления на вдохе и снижение податливости легких. Вместе с тем в группе выживших статистически значимо была ниже частота дыхательных движений, они лучше синхронизировались с аппаратом, в отличие от группы пациентов с дальнейшим неблагоприятным прогнозом, у которых отмечалась одышка и десинхронизация с респиратором, что сопровождалось статистически значимым снижением податливости легких и потребовало применения более глубокой седации, а в ряде случаев — миоплегии (Таблица 8).

Следует отметить, что биомеханика дыхания пациентов, переведенных на ИВЛ в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации, не отличалась специфичностью, и выявленные нарушения были ожидаемы, подтверждая известный научный факт, вместе с тем подчеркивая важность адекватного подбора параметров респираторной поддержки и необходимость дальнейшего поиска наиболее оптимальных методов установки режимов ИВЛ.

Таблица 8 — Биомеханика дыхания пациентов, переведенных на ИВЛ в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации, в общей когорте, а также в группе выживших и умерших больных; n = 63

Показатели	Данные всей когорты; n = 63	Выжившие пациенты; n = 42	Умершие пациенты; n = 21	Статистическая значимость отличий; p
ЧД, в 1 мин.	18,5 ± 2,6	16,2 ± 2,7	26,3 ± 2,8	0,01**
FiO ₂	35,8 ± 2,7	35,4 ± 1,6	41,1 ± 2,3	0,04**
РЕЕР, см H ₂ O	8,1 ± 0,7	7,2 ± 1,1	9,1 ± 0,5	0,12
I:E*	1,85 ± 0,1	1,77 ± 0,2	1,96 ± 0,05	0,36
Vt, мл/кг	6,2 ± 0,8	6,6 ± 0,7	5,8 ± 0,9	0,48
РАР, см H ₂ O	25,2 ± 1,4	22,7 ± 1,6	27,1 ± 1,2	0,03**
Clung (мл/мбар)	44,4 ± 5,9	56,2 ± 6,6	41,3 ± 4,9	0,07

Примечание: * — представлена длительность выдоха исходя из соотношения, что вдох = 1; ** — статистически значимые отличия между группой выживших и умерших пациентов.

Резюме

Оценка влияния исходной тяжести состояния и характера первой медицинской помощи свидетельствует, что наиболее тесная корреляционная связь негативного прогноза у пациентов с ТТГК, потребовавших перегоспитализации в специализированные травматологические центры, отмечалась с догоспитальным временем — $r = 0,51$; $p < 0,05$ (связь тесная, прямая) и исходной тяжестью состояния по шкале SOFA — $r = 0,63$; $p < 0,05$ (связь тесная, прямая); в то же время по шкале APACHE II ($r = 0,45$; $p < 0,05$) связь была умеренная, прямая, так же, как и по шкале ISS — $r = 0,34$; $p < 0,05$. Время доезда БСМП и индекс коморбидности не повлияли на прогноз пациентов с ТТГК.

Проведенные исследования показали, что при планировании периоперационного периода необходимо учитывать подъем лейкоцитоза в раннем

периоде травматической болезни, который может служить предиктором развития тромбоцитопении и гиперфибриногенемии. Безусловно, с целью более ранней детекции расстройств в системе гемокоагуляции у пациентов с ТТГК мониторингу данных показателей необходимо уделять повышенное внимание.

Высокий уровень стрессового лейкоцитоза является отражением воспалительных процессов, также нами установлена его связь с уровнем лимфоцитов ($r = 0,70$; $p < 0,05$). Предикторная роль стрессового лейкоцитоза при ТТГК также прослеживалась в генезе расстройств в системе гемокоагуляции (корреляционная связь с уровнем фибриногена и тромбоцитов) и прогрессировании системной воспалительной реакции (корреляционная связь с лимфопенией). Сравнительный анализ средних значений содержания лимфоцитов в формуле крови в первые сутки от момента поступления в группе выживших ($n = 86$) и умерших пациентов ($n = 21$) показал, что в группе выживших больных уровень лимфоцитов был статистически значимо выше ($2,24 \pm 0,19 \times 10^9/\text{л}$ против $1,11 \pm 0,16$; $p = 0,003$).

Выявлена тесная связь АСТ и АЛТ с параметрами гемокоагуляции: аминотрансферазы находились в обратной корреляционной связи с МНО: $r = -0,79$ ($p < 0,05$) и $r = -0,84$ ($p < 0,05$) для АСТ и АЛТ соответственно; с ПТИ отмечена тесная прямая корреляционная связь: $r = 0,98$ ($p < 0,05$) и $r = 0,96$ ($p < 0,05$) для АСТ и АЛТ соответственно. Ранние сдвиги в указанных биохимических показателях могут служить предикторами будущих коагуляционных расстройств. Динамика калия и креатинина на 1, 7 и 10–14 сутки травматической болезни в группе выживших и умерших пациентов продемонстрировала отличия, в связи с чем можно предполагать, что данные показатели могут быть маркерами неблагоприятного прогноза.

Оценка биомеханики дыхания пациентов, переведенных на ИВЛ в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации, показала достоверное отличие в исходах и возможностью прогноза течения основного процесса, основываясь на мониторинге FiO_2 ($p=0,04$), PAP ($p=0,03$), что свидетельствует о необходимости адекватного подбора параметров респираторной поддержки и дальнейшего поиска наиболее оптимальных методов установки режимов ИВЛ на основе оценки индивидуальной респираторной механики пациента.

Глава 4.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ НА ОСНОВЕ РЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА В ПЕРИОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ТРАВМОЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

4.1 Влияние оперативного восстановления каркасности грудной клетки и установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на биомеханику дыхания пациентов с тяжелой травмой грудной клетки

Хирургическая стабилизация каркаса грудной клетки, агрессивный метод лечения, связанный не только с фактором оперативного вмешательства, но и с влиянием на податливость грудной клетки, что требует индивидуального подбора параметров искусственной вентиляции легких. С целью минимизации негативного влияния указанных факторов на респираторную механику и транспорт кислорода у пациентов группы оперативного лечения был использован респираторный мониторинг с акцентом на измерение внутрипищеводного давления и медианы транспульмонального давления. Исследование проведено на 3 этапах периоперационного периода — до операции, спустя 3 и 24 часа после оперативного лечения.

Показатели, полученные нами в ходе исследования, подтвердили влияние восстановления целостности грудной клетки на ряд мониторируемых показателей. Так, было установлено, что в результате оперативного лечения у пациентов снижалась податливость грудной клетки (с $119,3 \pm 9,0$ до $81,9 \pm 9,9$ мл/мбар; $p = 0,005$) уже спустя 3 часа от момента оперативного лечения, при этом податливость легочной ткани не изменялась, что позволяло повысить РЕЕР (с $7,7 \pm 0,6$ до $11,7 \pm 1,9$ см H_2O ; $p = 0,04$) с целью профилактики ухудшения вентиляционно-перфузионных взаимоотношений. Это подтверждалось отсутствием статистически значимых изменений объема выдыхаемого CO_2 за минуту (Таблица 9).

Таблица 9 — Влияние установки РЕЕР на основании мониторинга пищевого давления на биомеханику дыхания пациентов в периоперационном периоде; $M \pm m, n = 37$

Показатель	До операции	После операции через 3 часа	После операции через 24 часа	Статистическая значимость отличий между группами; t; p
РЕЕР, см Н ₂ О	7,7 ± 0,6	11,7 ± 1,9	13,0 ± 2,0	t 1-2 = 2,01; p = 0,04 t 1-3 = 2,54; p = 0,01 t 2-3 = 0,47; p = 0,63
Податливость грудной клетки, C _{sw} , мл/мбар	119,3 ± 9,0	81,9 ± 9,9	76,1 ± 10,1	t 1-2 = 2,86; p = 0,005 t 1-3 = 3,19; p = 0,002 t 2-3 = 0,41; p = 0,68
Податливость легких, Clung, мл/мбар	44,4 ± 5,9	38,2 ± 6,6	40,7 ± 7,1	t 1-2 = 0,70; p = 0,48 t 1-3 = 0,40; p = 0,68 t 2-3 = 0,260; p = 0,79
Работа дыхания, WOB _p	0,41 ± 0,11	0,48 ± 0,13	0,46 ± 0,6	t 1-2 = 0,41; p = 0,68 t 1-3 = 0,08; p = 0,93 t 2-3 = 0,03; p = 0,97
Пищеводное давление, P _{es} , см Н ₂ О	11,5 ± 2,0	11,9 ± 1,9	12,6 ± 2,1	t 1-2 = 0,14; p = 0,88 t 1-3 = 0,38; p = 0,70 t 2-3 = 0,25; p = 0,80
Объём выдыхаемого CO ₂ за минуту, VCO ₂ , мл/мин	252 ± 11,7	249 ± 20,1	267 ± 20,3	t 1-2 = 0,13; p = 0,89 t 1-3 = 0,64; p = 0,52 t 2-3 = 0,63; p = 0,53

Подбор адекватных параметров респираторной поддержки на основе мониторинга пищевого давления позволяет повышению РЕЕР практически вдвое в первые 24 часа после операции (с $7,7 \pm 0,6$ до $13,0 \pm 2,0$ см Н₂О; p = 0,01) в сравнении с группой консервативной тактики, что позволило профилактировать ателектазирование легких, подвергнутых травматизации в результате ушиба, более эффективно расправить травмированные сегменты, в связи с чем спустя 96 часов был

получен статистически значимый рост PaO_2 и PaO_2/FiO_2 (O_2) (Таблица 10) при отсутствии изменений FiO_2 в группах, в среднем равным 0,35.

Таблица 10 — Параметры РЕЕР и газообмен в группах консервативной и активной тактики при поступлении и в динамике через 24 и 96 часов, $M \pm m$, $n = 107$

Показатели	Группа 1; n = 70 (консервативная тактика)	Группа 2; n = 37 (активная тактика)	Статистическая значимость отличий между группами; p
При поступлении в ОАР			
РЕЕР, см H_2O	$8,3 \pm 0,7$	$7,7 \pm 0,6$	0,51
PaO_2 , мм рт.ст.	$72,2 \pm 2,8$	$75,9 \pm 0,9$	0,21
$PaCO_2$, мм рт.ст.	$46,8 \pm 0,8$	$47,1 \pm 1,0$	0,81
PaO_2/FiO_2	$234,0 \pm 7,2$	$240,2 \pm 6,7$	0,52
FiO_2	$0,35 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,01$	0,76
Через 24 часа			
РЕЕР, см H_2O	$7,1 \pm 1,6$	$13,0 \pm 2,0$	0,02
PaO_2 , мм рт.ст.	$86,2 \pm 8,5$	$89,6 \pm 5,4$	0,73
$PaCO_2$, мм рт.ст.	$46,0 \pm 5,2$	$45,4 \pm 3,1$	0,92
PaO_2/FiO_2	$194,0 \pm 17,3$	$201,1 \pm 20,7$	0,79
FiO_2	$0,35 \pm 0,01$	$0,34 \pm 0,02$	0,76
Через 96 часов			
РЕЕР, см H_2O	$7,2 \pm 1,3$	$12,1 \pm 1,8$	0,02
PaO_2 , мм рт.ст.	$78,4 \pm 5,2$	$101,6 \pm 8,4$	0,02
$PaCO_2$, мм рт.ст.	$50,2 \pm 4,3$	$43,0 \pm 6,4$	0,35
PaO_2/FiO_2	$188,0 \pm 22,9$	$261,1 \pm 20,1$	0,01
FiO_2	$0,34 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,01$	0,65

4.2 Влияние установки РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления на структуру и частоту осложнений у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки

Сравнительный анализ групп пациентов с ТТГК в отношении развития таких осложнений травмы грудной клетки, как пневмоторакс, эмфизема, очаги ушиба легких, массивный гемоторакс, ателектазы лёгких, свидетельствует об их сопоставимости. В среднем у 80 % пациентов, включенных в исследование, был диагностирован пневмоторакс, сопровождавшийся эмфиземой средостения и очагами ушиба легкого, более чем у 60 % пострадавших был верифицирован массивный гемоторакс, у 30 % пострадавших имели место ателектазы. К четвертым суткам интенсивной терапии в группе с активной тактикой лечения отмечено статистически значимое сокращение доли пациентов с ателектазами легких, среднетяжелым и тяжелым ОРДС (Таблица 11).

Сравнительная оценка тяжести состояния пациентов по шкале CPIS, включающей показатели температуры, уровня лейкоцитоза, трахеального секрета, коэффициента оксигенации, рентгенологических изменений, исследование трахеального аспирата, а также сравнение по уровню лактата и прокальцитонина на 1 и 4 сутки наблюдения, показала статистически значимое снижение лейкоцитоза и отделяемого из трахеи, а также рост PaO_2/FiO_2 в группе активной тактики, чего не отмечено в группе консервативного лечения. На 4 сутки лечения также выявлены статистически значимые отличия между группами ($p < 0,001$). Рентгенологическая картина и культуральное исследование также показали преимущества активной тактики, что выразилось в статистически значимом снижении общей оценки по CPIS ($p = 0,04$) и более редком прогрессировании процесса в легких ($p = 0,003$), подтвержденным снижением уровня прокальцитонина (Таблица 12).

Таблица 11 — Сравнительная характеристика частоты развития осложнений травмы грудной клетки при поступлении в стационар и на 4 сутки интенсивной терапии, n = 107

Показатели	Группа 1; n = 70 (консервативная тактика)	Группа 2; n = 37 (активная тактика)	Статистическая значимость отличий между группами; χ^2 ; p
Первые сутки			
Пневмоторакс, n, %	59 (84,3 %)	30 (81,0 %)	$\chi^2 = 0,19$; p = 0,67
Эмфизема (в т.ч. средостения), n, %	55 (78,5 %)	28 (75,7 %)	$\chi^2 = 0,47$; p = 0,73
Очаги ушиба легкого, n, %	58 (82,8 %)	29 (78,4 %)	$\chi^2 = 0,319$; p = 0,57
Большой гемоторакс, n, %	45 (64,3 %)	24 (64,8 %)	$\chi^2 = 0,004$; p = 0,95
Ателектаз лёгкого, n, %	26 (37,1 %)	11 (29,7 %)	$\chi^2 = 0,58$; p = 0,44
Четвертые сутки			
Эмфизема (в т.ч. средостения), n, %	18 (25,7 %)	7 (18,9 %)	$\chi^2 = 0,62$; p = 0,43
Уменьшение объема очагов ушиба, n, %	34 (48,5 %)	22 (59,4 %)	$\chi^2 = 1,15$; p = 0,28
Увеличение объема очагов ушиба, n, %	12 (15,0 %)	4 (10,8 %)	p = 0,38*
Ателектазы лёгких, n, %	31 (44,3 %)	4 (10,8 %)	p < 0,001*
ОРДС средней тяжести, n; %	24 (34,3 %)	3 (15 %)	p = 0,048*
ОРДС тяжелой степени n; %	48 (68,5 %)	1 (2,7 %)	p < 0,001*

Примечание: для анализа качественных данных, в частности анализа частот, применен критерий согласия Пирсона или χ^2 , *критерий Фишера; статистически значимыми различия считали при уровне p < 0,05; критерии тяжести ОРДС: легкий 200 мм рт. ст. < PaO₂/FiO₂ ≤ 300 мм рт. ст. при РЕЕР или CPAP ≥ 5 смH₂O, среднетяжелый 100 мм рт. ст. < PaO₂/FiO₂ ≤ 200 мм рт. ст. при РЕЕР ≥ 5 смH₂O, тяжелый PaO₂/FiO₂ ≤ 100 мм рт. ст. при РЕЕР ≥ 5 смH₂O.

Таблица 12 — Сравнительная характеристика частоты развития осложнений травмы грудной клетки по шкале CPIS, уровня лактата и прокальцитонина сыворотки крови в группах; n = 107

Показатель		Группа 1; n = 70 (консервативная тактика)		Группа 2; n = 37 (активная тактика)	
		1 сутки	4 сутки	1 сутки	4 сутки
CPIS	Температура, °С	36,9±0,9	37,4±0,7	37,1±0,8	37,1 ± 0,8
	Число лейкоцитов крови	17,1±5,1	13,1±5,9	15,8±4,2	11,0 ± 3,8
	Трахеальный секрет (изменения характера содержимого)	0,7±0,7	0,9±0,8	0,7±0,5	0,6 ± 0,7
	PaO ₂ /FiO ₂	234±30	188±22,9	240,2±30	331 ± 20,1
	Статистически значимые отличия между этапами исследования, t; p	t=1,22;p=0,22		t=2,51;p=0,01	
	Статистически значимые отличия между группами на 4 сутки исследования, t; p	t=4,69;p<0,001			
	Ро-графия органов грудной клетки (в баллах): – без инфильтратов – 0; – очаговые инфильтраты – 1; – диффузные инфильтраты – 2.	1,2±0,7	1,4±0,7	1,2±0,9	0,6±0,6
	Культуральное исследование трахеального аспирата: – отрицательная – 0; – положительная – 2.		0,7±0,8		0,5±0,3
CPIS (баллы)	5,4±0,8		3,2±1,0*		
Прогрессирование процесса в легких (нет – 0; да – 2).	1,1±1,0		0,5±0,6*		
Прокальцитонин, нг/мл	3,1±2,4	1,3±0,8*,**	3,6±2,9	1,3±1,0*,**	
Лактат, Ммоль/л	2,6±2,8	1,3±1,1	4,1±2,8	1,1±0,9	

Примечание: * — статистически значимые отличия между группами; ** — статистически значимые отличия внутри группы на этапах (1 и 4 сутки) исследования; p < 0,05.

4.3 Влияние респираторной поддержки проводимой на основании мониторинга пищеводного давления на результаты лечения пациентов с тяжелой травмой грудной клетки

С целью оценки клинической эффективности применения методики установки РЕЕР на основе мониторинга пищеводного давления (Pes) у пациентов с ТТГК с множественными переломами ребер было проведено сравнение групп исследования по длительности проведения ИВЛ, пребывания в ОАР и летальности. Сравнительный анализ выявил статистически значимое сокращение сроков лечения в отделении реанимации у выживших пациентов группы активной тактики — $10,9 \pm 0,8$ сут. по сравнению с группой консервативной тактики — $23,1 \pm 2,2$ сут. ($p < 0,001$). Продолжительность ИВЛ в группе с активной тактикой лечения с высокой достоверностью отличалась от длительности ИВЛ пациентов группы консервативного лечения: $7,4 \pm 0,5$ суток и $12,4 \pm 1,6$ суток соответственно ($p = 0.003$) (Таблица 13).

По результатам проведенного исследования мы не получили статистически значимого снижения летальности в группе активной тактики, что, вероятно, связано с гетерогенностью популяции, а также с высокой степенью тяжести пациентов, о чем свидетельствовали интегральные шкалы (в целом по группе, без статистически значимых отличий между группами): APACHE II — $21,6 \pm 1,08$ [9; 32] балла; SOFA — $7,58 \pm 0,7$ [2; 17] балла; ISS — $38,1 \pm 2,7$ [12; 74] балла.

Полученные данные позволяют сделать заключение, что обе избранные тактики — как активная, так и консервативная — не дают преимуществ пациентам в отношении выживаемости и септических осложнений.

Таблица 13 — Результаты лечения у пациентов с ТТГК в группе активной и консервативной тактики; n = 107

Основные показатели эффективности лечения	Группа 1; n = 70 (консервативная тактика)	Группа 2; n = 37 (активная тактика)	Статистическая значимость отличий между группами, t; p
Сравнение абсолютных чисел, M ± m			
Длительность лечения в ОАР, сут.	19,3 ± 2,4	11,0 ± 0,9	t = 3,24; p = 0,001
Длительность лечения в ОАР выживших пациентов, сут.	23,1 ± 2,2	10,9 ± 0,8	t = 5,21; p < 0,001
Длительность ИВЛ, сут.	12,4 ± 1,6	7,4 ± 0,5	t = 2,98; p = 0,003
Инфекционные осложнения* (положительных проб на 1 пациента)	1,25 ± 0,9	0,64 ± 0,6	t = 0,56; p = 0,57
Сравнение относительных величин χ^2 ; p			
Летальность, n, %	15 (21,4 %)	6 (16,2 %)	$\chi^2 = 0,41$; p = 0,52
Случаев сепсиса, n, %	24 (34,2 %)	9 (24,3 %)	$\chi^2 = 1,12$; p = 0,28

Примечание: * — инфекционные осложнения фиксировались на основании положительной бак-культуры из бронхиального аспирата и данных рентгенографии органов грудной клетки.

Резюме

Оперативное восстановление каркасности грудной клетки оказывает влияние на биомеханику дыхания, что выражается в снижении податливости грудной клетки (с $119,3 \pm 9,0$ до $81,9 \pm 9,9$ мл/мбар; p = 0,005) уже спустя 3 часа от момента оперативного лечения при не изменяющейся податливости легочной ткани, что побуждает повысить РЕЕР (с $7,7 \pm 0,6$ до $11,7 \pm 1,9$ см H₂O; p = 0,04) с целью профилактики ухудшения вентиляционно-перфузионных взаимоотношений.

Применение мониторинга пищевого давления при подборе адекватных параметров респираторной поддержки указывает на целесообразность повышения РЕЕР в первые 24 часа после операции (с $7,7 \pm 0,6$ до $13,0 \pm 2,0$ см H_2O ; $p = 0,01$) в сравнении с группой консервативной тактики, что способствует профилактике ателектазирования травмированных легких, более эффективному расправлению поврежденных сегментов, о чем свидетельствует статистически значимый рост PaO_2 и PaO_2/FiO_2 спустя 96 часов ($p = 0,01$), при отсутствии различия FiO_2 в группах, в среднем равным 0,35. К четвертым суткам интенсивной терапии в группе активной тактики статистически значимо сокращается доля пациентов с ателектазами легких ($p < 0,001$), среднетяжелым ($p = 0,048$) и тяжелым ($p < 0,01$) ОРДС. Активная тактика позволяет достичь статистически значимого снижения лейкоцитоза и отделяемого из трахеи, увеличить соотношение PaO_2/FiO_2 , чего не отмечено в группе консервативного лечения. На 4 сутки лечения также были выявлены статистически значимые отличия в информативности шкалы CPIS и прогрессирования очаговых процессов в легких между группами ($p < 0,03$). Рентгенологическая картина и культуральное исследование свидетельствуют о преимуществах активной тактики, что подтверждается оценкой по CPIS ($p = 0,04$), более редким прогрессированием процесса в легких ($p = 0,003$) и снижением уровня прокальцитонина.

У выживших пациентов группы активной тактики статистически значимо сокращаются сроки лечения в отделении реанимации — $10,9 \pm 0,8$ сут. по сравнению с группой консервативной тактики — $23,1 \pm 2,2$ сут. ($p < 0,001$), а также продолжительность ИВЛ — $12,4 \pm 1,6$ сут. против $7,4 \pm 0,5$ сут. соответственно ($p = 0,003$).

По результатам проведенного исследования мы не получили статистически значимого снижения летальности в группе активной тактики, что, вероятно, связано с гетерогенностью популяции, а также с высокой степенью тяжести пациентов, о чем свидетельствовали оценки по интегральным шкалам APACHE II ($21,6 \pm 1,08$ [9; 32] балла), SOFA ($7,58 \pm 0,7$ [2; 17] баллов), ISS ($38,1 \pm 2,7$ [12; 74] балла).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Травма занимает третье место среди причин смерти во всех возрастных группах после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Травма грудной клетки входит в число самых тяжёлых травматических поражений, являющихся неотъемлемой частью вооружённых конфликтов, чрезвычайных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий. До недавнего времени в лечении переломов ребер применялась преимущественно консервативная тактика, но появление интеллектуальных аппаратов искусственной вентиляции легких открыло возможности для персонализированного подбора параметров респираторной поддержки и позволило хирургам осуществлять активную хирургическую тактику.

Цель нашего исследования — повысить качество оказания медицинской помощи пациентам с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер на основе оптимизации искусственной вентиляции легких с применением респираторного мониторинга. Для реализации поставленной цели в исследование были включены 107 пациентов с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер. Все больные, которым было запланировано хирургическое лечение, были оперированы в раннем периоде травмы. Комплекс периоперационных клинических, биохимических, гемостазиологических исследований позволил оценить важные факторы периоперационного периода, а мониторинг биомеханики дыхания в до- и послеоперационном периоде — оценить адекватность выбора режимов на основании анализа респираторных показателей. Исследование осуществлялось в трех травматологических центрах России. Перед началом исследования дизайн, тактика и все способы клиничко-лабораторных исследований были стандартизованы, а референсные значения параметров сверены.

Для решения поставленных задач был проведен ретроспективный и проспективный анализ течения периоперационного и реанимационного периода лечения пациентов основной группы с ТТГК за период с 2013 по 2022 гг. В

зависимости от хирургической тактики лечения и подбора режимов ИВЛ стандартного (консервативная тактика) и оптимизированного (активная тактика) пациенты были разделены на 2 группы. В первую вошли 70 пациентов (35 пациентов в ретроспективной группе и 35 в проспективной). Параметры ИВЛ в ней устанавливались согласно стандартам респираторной поддержки (ПДКВ — 5–8 см H₂O, ДО — 5–6 мл/кг массы тела пациента). Хирургическая тактика лечения пациентов включала только дренирование плевральных полостей при гемопневмотораксе.

Во вторую группу вошли 37 пациентов, в предоперационном периоде у которых проводили ИВЛ в режиме SIMV (PC) с минимальной дыхательной активностью пациента, добиваясь этого седацией, при необходимости — миоплегией. В послеоперационном периоде параметры и режимы ИВЛ устанавливали на основании мониторинга параметров биомеханики дыхания и данных КОС. Хирургическая тактика была активной: выполнялись оперативные вмешательства, направленные на восстановление каркасности грудной клетки с хирургической стабилизацией ребер. Тяжесть состояния пациентов оценивали на основании динамического анализа шкал органной дисфункции APACHE II, SOFA и ISS; при поступлении в отделения реанимации обе группы были сопоставимы по всем исходным параметрам.

Оценка влияния исходной тяжести состояния и характера первой медицинской помощи показала, что наиболее тесная корреляционная связь негативного прогноза у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки, потребовавших перегоспитализации в специализированные травматологические центры, отмечалась с догоспитальным временем и исходной тяжестью состояния по шкале SOFA, в то же время по шкале APACHE II связь была умеренная, прямая, так же, как и по шкале ISS. Время доезда БСМП и индекс коморбидности не влияли на прогноз пациентов с ТТГК.

Проведенные исследования свидетельствуют, что при планировании периоперационного периода необходимо учитывать подъем лейкоцитоза в раннем периоде травматической болезни, который может служить предиктором

развития тромбоцитопении и гиперфибриногенемии. Безусловно, с целью более ранней детекции расстройств в системе гемокоагуляции у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки необходимо уделять мониторингу данных показателей повышенное внимание. Также было установлено, что высокий уровень стрессового лейкоцитоза может являться предиктором иммуносупрессии и пусковым фактором воспалительных процессов, что подтверждается тесной обратной корреляционной связью между лейкоцитозом и абсолютным числом лимфоцитов. Предикторная роль стрессового лейкоцитоза при тяжелой травме грудной клетки отмечалась и в генезе расстройств в системе гемокоагуляции, и в прогрессировании системной воспалительной реакции, коррелируя связь с лимфопенией. Сравнительный анализ средних значений содержания лимфоцитов в формуле крови в первые сутки от момента поступления в стационар в группе выживших и умерших пациентов показал, что у выживших больных уровень лимфоцитов был статистически значимо выше.

В ходе исследования была выявлена тесная связь аминотрансфераз с параметрами гемокоагуляции: они находились в обратной корреляционной связи с такими показателями, как МНО и ПТИ. Ранние сдвиги в указанных биохимических показателях могут быть расценены как предикторы будущих коагуляционных расстройств. Динамика калия и креатинина на 1, 7 и 10–14 сутки травматической болезни в группе выживших и умерших пациентов продемонстрировала выраженные отличия, в связи с чем данные показатели можно считать маркерами неблагоприятного прогноза.

Оценка биомеханики дыхания пациентов, переведенных на ИВЛ в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации, подтверждает важность адекватного подбора параметров респираторной поддержки с целью устранения одышки и наилучшей синхронизации с аппаратом, так как в группе пациентов с неблагоприятным прогнозом отмечено повышение частоты дыхания и десинхронизация с респиратором. Данное наблюдение подчеркивает необходимость дальнейшего поиска наиболее оптимальных методов установки

режимов ИВЛ на основе оценки индивидуальной респираторной механики пациента.

Сравнительный анализ эффективности оптимизированной установки параметров ИВЛ, проводимой на основе оценки показателей респираторного мониторинга и тактики с эмпирическим подбором параметров ИВЛ, свидетельствует, что оптимизированная установка, базирующаяся на оценке P_{es} и медианы P , имеет ряд преимуществ — уменьшение сроков ИВЛ, пребывания в ОАР. Следует отметить, что оперативное восстановление каркасности грудной клетки оказывает значительное влияние на биомеханику дыхания, что выражается в снижении податливости грудной клетки уже спустя 3 часа от момента оперативного лечения, при этом податливость легочной ткани не изменяется, что позволяет повысить РЕЕР с целью профилактики осложнений и коррекции вентиляционно-перфузионных взаимоотношений.

Применение мониторинга пищеводного давления при подборе адекватных параметров респираторной поддержки позволяет практически вдвое повысить РЕЕР в первые 24 часа после операции в сравнении с группой консервативной тактики, что способствует профилактике ателектазирования травмированных легких, более эффективному расправлению поврежденных сегментов, в связи с чем спустя 96 часов был получен статистически значимый рост P_{aO_2} и P_{aO_2}/F_{iO_2} при отсутствии изменений F_{iO_2} . К четвертым суткам интенсивной терапии в группе активной тактики статистически значимо сокращается доля пациентов с ателектазами легких, среднетяжелым и тяжелым ОРДС.

Активная тактика позволила достичь статистически значимого снижения лейкоцитоза и отделяемого из трахеи, привела к росту P_{aO_2}/F_{iO_2} , чего не отмечено в группе консервативного лечения. Рентгенологическая картина и культуральное исследование показали преимущества активной тактики, что подтверждается оценкой по CPIS, более редким прогрессированием процесса в легких и снижением уровня прокальцитонина. У выживших пациентов группы активной тактики статистически значимо сокращаются сроки лечения в

отделении реанимации (по сравнению с группой консервативной) и продолжительность ИВЛ.

По результатам проведенного исследования мы не получили статистически значимого снижения летальности в группе активной тактики, что, вероятно, было связано с гетерогенностью популяции, а также с высокой степенью тяжести пациентов, о чем свидетельствовали оценки по интегральным шкалам APACHE II, SOFA и ISS.

ВЫВОДЫ

1. Догоспитальное время ($r = 0,51$; $p < 0,05$) и исходная тяжесть состояния по шкале SOFA ($r = 0,63$; $p < 0,05$) находятся в более тесной корреляционной связи с прогнозом у пациентов, требующих перегоспитализации в специализированные травматологические центры, по сравнению со шкалами APACHE II и ISS. Время доезда БСМП и индекс коморбидности на прогноз пациентов с ТТГК не влияют.

2. Высокий стрессовый лейкоцитоз первых суток при ТТГК ассоциирован с развитием лимфопении и расстройствами в системе гемокоагуляции (по уровню фибриногена $r = 0,5$, $p < 0,05$, и тромбоцитов $r = -0,31$, $p < 0,05$), повышение АСТ и АЛТ тесно коррелирует со снижением МНО ($r = -0,79$ и $r = -0,84$) ($p < 0,05$) и ростом ПТИ ($r = 0,98$ и $r = 0,96$) ($p < 0,05$) соответственно.

3. Оперативное восстановление каркасности грудной клетки оказывает значительное влияние на биомеханику дыхания в виде достоверного снижения податливости грудной клетки ($p = 0,005$) спустя 3 часа от момента оперативного лечения при стабильной податливости легочной ткани, что достоверно позволяет повысить РЕЕР ($p = 0,04$) с целью профилактики осложнений и коррекции вентиляционно-перфузионных взаимоотношений.

4. Применение мониторинга внутрипищеводного давления при подборе адекватных параметров респираторной поддержки позволяет достоверно повысить РЕЕР в первые 24 часа после операции ($p = 0,01$) в сравнении с группой консервативной тактики, что способствует снижению ателектазирования травмированных легких с 29,7 % до 10,8 % в группе активной тактики, профилактике усугубления ателектатического поражения легких, снижает долю тяжелого ОРДС до 2,7 % в сравнении с группой консервативного лечения (68,5 %, $p < 0,001$).

5. Применение оптимизированного РЕЕР на основании мониторинга пищеводного давления позволяет достичь преимущества по CPIS ($p = 0,04$), сократить продолжительность ИВЛ — $12,4 \pm 1,6$ сут. против $7,4 \pm 0,5$ сут. соответственно ($p = 0,003$) — и сроки лечения в отделении реанимации — $10,9 \pm 0,8$ сут. по сравнению с группой консервативной тактики — $23,1 \pm 2,2$ сут. ($p < 0,001$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении медицинской эвакуации пациентов с ТТГК оценку тяжести состояния следует определять по шкале SOFA, которая наиболее объективно отражает тяжесть состояния и прогноз жизни.
2. С целью ранней детекции расстройств в системе гемокоагуляции у пациентов с ТТГК при планировании периоперационного периода необходимо учитывать подъем лейкоцитоза в раннем периоде травматической болезни, который может служить предиктором развития тромбоцитопении и гиперфибриногенемии.
3. Повышение ЧДД и десинхронизация с респиратором в первые сутки от момента поступления в отделение реанимации характерны для неблагоприятного прогноза. С целью устранения одышки и наилучшей синхронизации с аппаратом необходим подбор режимов ИВЛ на основе оценки индивидуальной респираторной механики пациента.
4. Пациентам с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер при активной хирургической тактике рекомендовано проведение ИВЛ с применением ПДКВ с управлением этого показателя на основе мониторинга внутрипищеводного давления P_{es} и медианы транспульмонального давления P_{tp} , что позволяет улучшить результаты лечения и сократить его сроки.
5. С момента поступления пациента с тяжелой травмой грудной клетки и множественными переломами ребер рекомендовано придерживаться предложенного алгоритма оказания медицинской помощи (Приложение).
6. Рекомендовано использовать шкалу CPIS (при проведении ИВЛ на основании расширенного мониторинга биомеханики дыхания у оперированных пациентов) для верификации вентилятор-ассоциированной пневмонии без существенной модернизации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЛТ	– аланинаминотрансфераза
АСТ	– аспартатаминотрансфераза
БИС	– биспектральный индекс
БСМП	– бригада скорой медицинской помощи
ВАП	– вентилятор-ассоциированное повреждение
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ДО	– дыхательный объем
ИВЛ	– искусственная вентиляция легких
ИМТ	– индекс массы тела
КОС	– кислотно-основное состояние
КТ	– компьютерная томография
КЩС	– кислотно-щелочное состояние
МНО	– международное нормализованное отношение
НИВЛ	– неинвазивная вентиляция легких
НПВП	– нестероидные противовоспалительные препараты
ОАР	– отделение анестезиологии–реанимации
ОДН	– острая дыхательная недостаточность
ОДН	– острая дыхательная недостаточность
ОРДС	– острый респираторный дистресс-синдром
ОРИТ	– отделение реанимации и интенсивной терапии
ОЦК	– объем циркулирующей крови
ПДКВ	– положительное давление конца выдоха
ПТИ	– протромбиновый индекс
СЗП	– свежезамороженная плазма
ТВА	– тотальная внутривенная анестезия
ТСТ	– тяжелая сочетанная травма
ТТГК	– тяжелая травма грудной клетки
ФАР	– Федерация анестезиологов и реаниматологов РФ

ЧСС	– частота сердечных сокращений
ЧМТ	– черепно-мозговая травма
Ccw	– податливость грудной клетки
Clang	– податливость легких
CPIS	– Clinical Pulmonary Infection Score (клиническая оценка легочной инфекции)
Cstat	– статический комплаенс дыхательной системы
EtCO ₂	– конечно-экспираторная концентрация углекислого газа
FiO ₂	– инспираторная фракция кислорода
HFV	– High-Flow Ventilation (высокопоточная вентиляция)
ISS	– Injury Severity Score – Шкала тяжести повреждений
MODS	– Multiple Organ Dysfunction Score (оценка полиорганной дисфункции)
PaCO ₂	– парциальное давление углекислого газа в артериальной крови
PaO ₂	– парциальное давление кислорода в артериальной крови
PEEP	– Positive End-Expiratory Pressure (положительное конечно-респираторное давление)
Pes	– внутрипищеводное давление
Ptp	– транспульмональное давление
SOFA	– Sequential Organ Failure Assessment (шкала оценки органной недостаточности)
SpO ₂	– насыщение гемоглобина кислородом по данным пульсоксиметрии
VALI	– Ventilator-associated Lung injury (повреждение легких, связанное с ИВЛ)
VAP	– Ventilator-associated pneumonia (ИВЛ-ассоциированная пневмония)
VCO ₂	– объем выдыхаемого CO ₂ за минуту
VtCO	– объем выделяемого CO ₂ за цикл
Vti	– дыхательный объем
WOBp	– Work of Breathing– работа дыхания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние ранней диагностики травматических повреждений на развитие легочных осложнений у пострадавших с сочетанной травмой / Е. С. Владимирова, Е. А. Тарабрин, И. Е. Попова [и др.] // Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». – 2021. – Т. 10, № 4. – С. 702–711. – Doi 10.23934/2223-9022-2021-10-4-702-711.
2. Власенко, А. В. Современные алгоритмы респираторной поддержки при ОРДС различного генеза (лекция) / А. В. Власенко, Е. А. Евдокимов, Е. П. Родионов // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 41-58. – <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-4-41-58>.
3. Гусев, Е. Ю. Патогенез и прогноз критических осложнений политравмы с позиции общепатологических процессов / Е. Ю. Гусев, Н. В. Зотова // ПОЛИТРАВМА = POLYTRAUMA. – 2021. – № 1. – С. 97–105. – Doi: 10.24411/1819-1495-2021-10013.
4. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома : Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / А. И. Ярощцкий, А. И. Грицан, С. Н. Авдеев [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2020. – № 2. – С. 5–39. – <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology20200215>.
5. Диагностика и интенсивная терапия острой дыхательной недостаточности при тяжелой механической травме : Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / А. И. Ярощцкий, А. И. Грицан, А. В. Щеголев [и др.]. – 2017. – 25 с. – Режим доступа: <https://congress-kr.ru/files/resprauma.pdf> (дата обращения: 09.11.2023).
6. Диагностика и лечение легочных кровоизлияний при закрытой травме груди / Ш. Н. Даниелян, М. М. Абакумов, И. Е. Попова [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2011. – № 4. – С. 17–24.

7. Искусственная вентиляция легких у взрослых пациентов с острым респираторным дистресс-синдромом : Официальные клинические рекомендации Американского торакального общества, Европейского общества интенсивной терапии и Общества критических состояний в медицине // Пульмонология. – 2018. – Т. 28, № 4. – С. 399-410. – <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-4-399-410>.

8. Меньшиков, А. А. Остеосинтез флотирующих переломов ребер при политравме / А. А. Меньшиков, Е. А. Цеймах, А. В. Бондаренко // ПОЛИТРАВМА = POLYTRAUMA. – 2022. – № 1. – С. 21-27. – Режим доступа: <https://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/375/650/>. – Doi: 10.24412/1819-1495-2022-1-21-27.

9. Наш опыт хирургической стабилизации реберного каркаса при множественных переломах ребер и реберном клапане / М. В. Исаев, Б. А. Майоров, С. С. Смирнов, Г. Д. Сергеев // Журнал «Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе». – 2022. – Т. 2, № 7. – С. 69–74.

10. Овсянников, Р. Ю. Корреляция между изменениями парциального давления кислорода в артериальной крови, поглощения кислорода и выделения углекислого газа легкими при изменении положительного давления в конце выдоха: проспективное наблюдательное исследование / Р. Ю. Овсянников, К. М. Лебединский // Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. – 2022. – № 4. – С. 36–43. – Doi: 10.21320/1818-474X-2022-4-36-43.

11. Операция Nuss при множественных флотирующих переломах ребер и грудины / А. С. Беньян, П. В. Рыжов, М. А. Медведчиков-Ардия [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2022. – № 1. – С. 93–96. – <https://doi.org/10.17116/hirurgia202201193>.

12. Прогностическая значимость мониторинга респираторной биомеханики в дифференцированной терапии вентилятор-ассоциированных легочных осложнений у пациентов с тяжелой сочетанной травмой с поражением органов грудной клетки / Н. С. Давыдова, П. Г. Болтаев, С. Ю. Лукин [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2016. – Т. 17, № 2 (86). – С. 17–22.

13. Реанимация и интенсивная терапия при острой массивной кровопотере у взрослых пациентов / Е. В. Григорьев, К. М. Лебединский, А. В. Щеголев [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2020. – № 1. – С. 5–24. – Doi:10.17116/ANAESTHESIOLOGY20200115.

14. Седация пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии : Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / В. И. Потиевская, И. Е. Гридчик, А. И. Грицан [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2018. – Т. 63, № 2. – Doi: <http://dx.doi.org/10.18821/0201-7563-2018-63-2-165-175>.

15. Тарабрин, Е. А. Хирургические методы стабилизации грудной клетки при множественных переломах ребер / Е. А. Тарабрин, В. Г. Котанджян, А. А. Офицеров // Журнал им. Н.В.Склифосовского Неотложная медицинская помощь. – 2023. – Т. 12, № 1. – С. 110–121. – Режим доступа: <https://www.jnmp.ru/jour/article/view/1576/1280>. – Doi: 10.23934/2223-9022-2023-12-1-110-121.

16. Реберный клапан при тяжелой сочетанной закрытой травме груди: когда и как фиксировать / А. Н. Тулупов, В. А. Мануковский, Г. М. Бесаев [и др.] // Журнал «Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе». – 2021. – Т. 2, № 3. – С. 48-54.

17. Хмара А. Д. Тактика лечения при сочетанной травме груди и сегментов конечностей / А. Д. Хмара, И. А. Норкин, Т. Г. Хмара // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8, № 4. – С. 982–988.

18. Шабалин, А. Ю. Лечение раненых с боевыми повреждениями груди в локальных вооруженных конфликтах (клинико-экспериментальное исследование) : дис. ... кандидата медицинских наук : 14.01.17 «Хирургия» / Шабалин Александр Юрьевич. – Москва, 2013. – 108 с.

19. Применение неинвазивной вентиляции легких (второй пересмотр) : Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» / А. И. Ярошецкий, А. В. Власенко, А. И. Грицан [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2019. – №

6. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neinvazivnoy-ventilyatsii-legkih-vtoroy-peresmotr-klinicheskie-rekomendatsii-obscherossiyskoy-obschestvennoy> (дата обращения: 09.11.2023).

20. Ярошецкий, А. И. Респираторная поддержка как по нотам. С точки зрения физиологии пациента и доказательной медицины. – Москва : Эксмо, 2023. – 640 с. – ISBN 978-5-04-171053-8.

21. A pathology not be overlooked in blunt chest trauma: Analysis of 181 patients with bilateral pneumothorax / A. Özdil, Ö. Kavurmacı, T. İ. Akçam [et al.] // Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. – 2018. – Vol. 24 (6). – P. 521-527. – Doi: 10.5505/tjtes.2018.76435.

22. A Prospective Observational Study on the Outcome Assessment of Conservative Management Versus Intercostal Drainage (ICD) in Blunt Chest Injury Patients With ≤ 3 Rib Fractures in a North Indian Tertiary Care Center / S. Shandilya, S. Roy, A. Rai [et al.] // Cureus. – 2023. – Vol. 15 (7). – P. e42167. – Doi: 10.7759/cureus.42167.

23. Accuracy of esophageal pressure to assess transpulmonary pressure during mechanical ventilation / P. Terragni, L. Mascia, V. Fanelli [et al.] // Intensive Care Med. – 2017. – Vol. 43 (1). – P. 142-143. – Doi: 10.1007/s00134-016-4589-8.

24. Admission Lymphopenia is Associated With Discharge Disposition in Blunt Chest Wall Trauma Patients / K. Koch, A. M. Troester, P. T. Chevuru [et al.] // J Surg Res. – 2022. – Vol. 270. – P. 293-299. – Doi: 10.1016/j.jss.2021.09.013.

25. Age as the Impact on Mortality Rate in Trauma Patients / O. Wongweerakit, O. Akaraborworn, B. Sangthong, K. Thongkhao // Crit Care Res Pract. – 2022. – Vol. 2022. – P. 2860888. – Doi: 10.1155/2022/2860888.

26. Alanwer, K. M. Impact of flail chest injury on morbidity and outcome: ten years' experience at a tertiary care hospital in a developing country / K. M. Alanwer, A. M. Refat, E. M. Negm // BMC Anesthesiol. – 2023. – Vol. 23 (1). – P. 229. – Doi: 10.1186/s12871-023-02185-y.

27. Analysis of Injury Patterns and Outcomes of Blunt Thoracic Trauma in Elderly Patients / N. Sikander, T. Ahmad, K. A. Shaikh Sr [et al.] // *Cureus*. – 2020. – Vol. 12 (8). – P. e9974. – Doi: 10.7759/cureus.9974.
28. Analysis of risk factors in thoracic trauma patients with a comparison of a modern trauma centre: a mono-centre study / M. Beshay, F. Mertzlufft, H. W. Kottkamp [et al.] // *World J Emerg Surg*. – 2020. – Vol. 15 (1). – P. 45. – Doi: 10.1186/s13017-020-00324-1.
29. Arora, S. Ventilatory strategies in trauma patients / S. Arora, P. M. Singh, A. Trikha // *J Emerg Trauma Shock*. – 2014. – Vol. 7 (1). – P. 25-31. – Doi: 10.4103/0974-2700.125635.
30. Association Between Adherence to Evidence-Based Practices for Treatment of Patients With Traumatic Rib Fractures and Mortality Rates Among US Trauma Centers / C. J. Tignanelli, A. Rix, L. M. Napolitano [et al.] // *JAMA Netw Open*. – 2020. – Vol. 3 (3). – P. e201316. – Doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.1316.
31. Baedorf Kassis, E. Esophageal pressure: research or clinical tool? / E. Baedorf Kassis, S. H. Loring, D. Talmor // *Med Klin Intensivmed Notfmed*. – 2018. – Vol. 113 (Suppl 1). – P. 13-20. – Doi: 10.1007/s00063-017-0372-z.
32. Baldessari, E. M. Respiratory failure after treatment of pneumothorax / E. M. Baldessari, M. J. Arceluz, A. Mendez-Villarroel // *Eur J Intern Med*. – 2015. – Vol. 26 (4). – P. e1-2. – Doi: 10.1016/j.ejim.2014.08.003.
33. Bemelman, M. History of Rib Fracture Management: A Practical Manual : In book: Rib Fracture Management / M. Bemelman, W. Long, J. Mayberry. – 2018. – P. 1–24. – Doi: 10.1007/978-3-319-91644-6_1.
34. Benditt, J. O. Esophageal and gastric pressure measurements // *Respir Care*. – 2005. – Vol. 50 (1). – P. 68–75; discussion 75–77.
35. Bernardin, B. Initial management and resuscitation of severe chest trauma / B. Bernardin, J. M. Troquet // *Emerg Med Clin North Am*. – 2012. – Vol. 30 (2). – P. 377–400, viii-ix. – Doi: 10.1016/j.emc.2011.10.010.

36. Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: An overview / B. N. Dogrul, I. Kiliccalan, E. S. Asci, S. C. Peker // *Chin J Traumatol.* – 2020– Vol. 23 (3). – P. 125-138. – Doi: 10.1016/j.cjtee.2020.04.003.
37. Broderick, S. R. Hemothorax: Etiology, diagnosis, and management // *Thorac Surg Clin.* – 2013. – Vol. 23 (1). – P. 89-96, vi-vii. – Doi: 10.1016/j.thorsurg.2012.10.003.
38. Chest injury due to blunt trauma / S. T. Liman, A. Kuzucu, A. I. Tastede [et al.] // *Eur J Cardiothorac Surg.* – 2003. – Vol. 23 (3). – P. 374-8. – Doi: 10.1016/s1010-7940(02)00813-8.
39. Chest trauma: First 48hours management / P. Bouzat, M. Raux, J. S. David [et al.] // *Anaesth Crit Care Pain Med.* – 2017. – Vol. 36 (2). – P. 135-145. – Doi: 10.1016/j.accpm.2017.01.003.
40. Cohn, S. M. Pulmonary contusion: an update on recent advances in clinical management / S. M. Cohn, J. J. Dubose // *World J Surg.* – 2010. – Vol. 34 (8). – P. 1959-70. – Doi: 10.1007/s00268-010-0599-9.
41. Comprehensive analysis of 4205 patients with chest trauma: a 10-year experience / R. Demirhan, B. Onan, K. Oz, S. Halezeroglu // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* – 2009. – Vol. 9 (3). – P. 450-3. – Doi: 10.1510/icvts.2009.206599.
42. Delayed definitive treatment of life-threatening neurosurgery patient with suspected coronavirus disease 2019 infection in the midst of pandemic: Report of two cases / A. Faried, N. N. Hidajat, A. B. Harsono [et al.] // *Surg Neurol Int.* – 2021. – № 12. – P. 18. – Doi: 10.25259/SNI_828_2020.
43. Delayed massive hemothorax after blunt thoracic trauma requiring thoracotomy by VATS: a case report / C. H. Park, K. E. Kim, M. C. Chae, J. W. Lee // *J Surg Case Rep.* – 2022. – Vol. 2022 (1). – P. rjab537. – Doi: 10.1093/jscr/rjab537.
44. Delayed Respiratory Failure After Blunt Chest Trauma / C. S. Martin, N. Lu, D. S. Inouye [et al.] // *Am Surg.* – 2021. – Vol. 87 (9). – P. 1468-1473. – Doi: 10.1177/0003134820966278.

45. Delayed Tension Hemothorax With Nondisplaced Rib Fractures After Blunt Thoracic Trauma / N. Hamamoto, S. Kikuta, R. Takahashi, S. Ishihara // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15 (5). – P. e38835. – Doi: 10.7759/cureus.38835.
46. Development of a blunt chest injury care bundle: An integrative review / S. Kourouche, T. Buckley, B. Munroe, K. Curtis // *Injury*. – 2018. – Vol. 49 (6). – P. 1008-1023. – Doi: 10.1016/j.injury.2018.03.037.
47. Diagnosis and treatment of traumatic vascular injury of limbs in military and emergency medicine: A systematic review / Y. Xu, W. Xu, A. Wang [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2019. – Vol. 98 (18). – P. e15406. – Doi: 10.1097/MD.00000000000015406.
48. Dynamics of immune responses are inconsistent when trauma patients are grouped by injury severity score and clinical outcomes / Y. W. Yang, C. H. Wu, H. T. Tsai [et al.] // *Sci Rep*. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 1391. – Doi: 10.1038/s41598-023-27969-7.
49. Early non-invasive ventilation and high-flow nasal oxygen therapy for preventing endotracheal intubation in hypoxemic blunt chest trauma patients: the OptiTHO randomized trial / C. Carrié, B. Rieu, A. Benard [et al.] // *Crit Care*. – 2023. – Vol. 27 (1). – P. 163. – Doi: 10.1186/s13054-023-04429-2.
50. Effect of surfactant administration on outcomes of adult patients in acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis of randomized controlled trials / S. S. Meng, W. Chang, Z. H. Lu [et al.] // *BMC Pulm Med*. – 2019. – Vol. 19 (1). – P. 9. – Doi: 10.1186/s12890-018-0761-y.
51. Effectiveness of surgical fixation for rib fractures in relation to its timing: a retrospective Japanese nationwide study / S. Otaka, S. Aso, H. Matsui [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg*. – 2022. – Vol. 48 (2). – P. 1501-1508. – Doi: 10.1007/s00068-020-01548-1.
52. El papiro de Edwin Smith y su trascendencia médica y odontológica [The Edwin Smith papyrus in the history of medicine] / A. Vargas, M. López, C. Lillo, M. J. Vargas // *Rev Med Chil*. – 2012. – Vol. 140 (10). – P. 1357-62. – Doi: 10.4067/S0034-98872012001000020.

53. Elgar, G. Major Risk Factors for Mortality in Elderly and Non-Elderly Adult Patients Emergently Admitted for Blunt Chest Wall Trauma: Hospital Length of Stay as an Independent Predictor / G. Elgar, A. Smiley, R. Latifi // *Int J Environ Res Public Health*. – 2022. – Vol. 19 (14). – P. 8729. – Doi: 10.3390/ijerph19148729.

54. Emergency department evaluation and management of blunt chest and lung trauma (Trauma CME) / E. J. Morley, S. Johnson, E. Leibner, J. Shahid // *Emerg Med Pract*. – 2016. – Vol. 18 (6). – P. 1-20.

55. Emergence of fibroblasts with a proinflammatory epigenetically altered phenotype in severe hypoxic pulmonary hypertension / M. Li, S. R. Riddle, M. G. Frid [et al.] // *J Immunol*. – 2011. – Vol. 187 (5). – P. 2711-22. – Doi: 10.4049/jimmunol.1100479.

56. Epidemiology and outcomes of traumatic chest injuries in children: a nationwide study in the Netherlands / A. A. R. Sweet, I. G. J. de Bruin, J. Peek [et al.] // *Eur J Pediatr*. – 2023. – Vol. 182 (4). – P. 1887-1896. – Doi: 10.1007/s00431-023-04828-1.

57. Epidemiology of combined clavicle and rib fractures: a systematic review / A. A. R. Sweet, R. B. Beks, F. F. A. IJpma [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg*. – 2022. – Vol. 48 (5). – P. 3513-3520. – Doi: 10.1007/s00068-021-01701-4.

58. Esophageal pressures in acute lung injury: do they represent artifact or useful information about transpulmonary pressure, chest wall mechanics, and lung stress? / S. H. Loring, C. R. O'Donnell, N. Behazin [et al.] // *J Appl Physiol* (1985). – 2010. – Vol. 108 (3). – P. 515-22. – Doi: 10.1152/jappphysiol.00835.2009.

59. Evaluation of surgical outcomes in elderly patients with rib fractures: A single-centre propensity score matching study / D. Zhang, C. Jiao, S. Xi [et al.] // *Front Surg*. – 2023. – № 10. – P. 1174365. – Doi: 10.3389/fsurg.2023.1174365.

60. Facilitating ventilator weaning through rib fixation combined with video-assisted thoracoscopic surgery in severe blunt chest injury with acute respiratory failure / T. H. Wu, H. L. Lin, Y. P. Chou [et al.] // *Crit Care*. – 2020. – Vol. 24 (1). – P. 49. – Doi: 10.1186/s13054-020-2755-4.

61. Feldman, R. P. The Edwin Smith Surgical Papyrus / R. P. Feldman, J. T. Goodrich // Childs Nerv Syst. – 1999. – Vol. 15 (6-7). – P. 281-4. – Doi: 10.1007/s003810050395.
62. Fernandez-Bustamante, A. Bedside assessment of lung aeration and stretch / A. Fernandez-Bustamante, M. F. Vidal Melo // Br J Anaesth. – 2018. – Vol. 121 (5). – P. 1001-1004. – Doi: 10.1016/j.bja.2018.08.007.
63. Fitzpatrick, E. R. Evidence-Based Pearls: Chest Trauma // Crit Care Nurs Clin North Am. – 2023. – Vol. 35 (2). – P. 129-144. – Doi: 10.1016/j.cnc.2023.02.005.
64. Fundamental concepts and the latest evidence for esophageal pressure monitoring / T. Shimatani, M. Kyogoku, Y. Ito [et al.] // J Intensive Care. – 2023. – Vol. 11 (1). – P. 22. – Doi: 10.1186/s40560-023-00671-6.
65. Garcia, A. Critical care issues in the early management of severe trauma // Surg Clin North Am. – 2006. – Vol. 86 (6). – P. 1359-87. – Doi: 10.1016/j.suc.2006.07.004.
66. Geriatric chest wall injury: is it time for a new sense of urgency? / D. B. Christie III, T. Nowack, A. Drahos, D. W. Ashley // J Thorac Dis. – 2019. – Vol. 11 (Suppl 8). – P. S1029-S1033. – Doi: 10.21037/jtd.2018.12.16.
67. Gertler, R. Respiratory Mechanics // Anesthesiol Clin. – 2021. – Vol. 39 (3). – P. 415-440. – Doi: 10.1016/j.anclin.2021.04.003.
68. Gowing, R. Injury patterns and outcomes associated with elderly trauma victims in Kingston, Ontario / R. Gowing, M. K. Jain // Can J Surg. – 2007. – Vol. 50 (6). – P. 437-44.
69. Han, S. The Role of Surfactant in Lung Disease and Host Defense against Pulmonary Infections / S. Han, R. K. Mallampalli // Ann Am Thorac Soc. – 2015. – Vol. 12 (5). – P. 765-74. – Doi: 10.1513/AnnalsATS.201411-507FR.
70. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus noninvasive ventilation for patients with blunt chest trauma: protocol for a randomized controlled trial / Q. Zhu, B. Wang, Y. Li [et al.] // Trials. – 2022. – Vol. 23 (1). – P. 570. – Doi: 10.1186/s13063-022-06507-2.

71. Historic overview of treatment techniques for rib fractures and flail chest / M. Bemelman, M. Poeze, T. J. Blokhuis, L. P. Leenen // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2010. – Vol. 36 (5). – P. 407-15. – Doi: 10.1007/s00068-010-0046-5.
72. Hoyt, J. T. An apparatus for artificial respiration and for other purposes // *J Physiol.* – 1901. – Vol. 27 (1-2). – P. 48-52. – Doi: 10.1113/jphysiol.1901.sp000858.
73. Hypoxemia after pneumothorax exsufflation: a case report / W. Ngatchou, G. Y. Sandjo, D. Lemogoum [et al.] // *Pan Afr Med J.* – 2017. – Vol. 28. – P. 240. – Doi: 10.11604/pamj.2017.28.240.11136.
74. Hypoxia, leukocytes, and the pulmonary circulation / K. R. Stenmark, N. J. Davie, J. T. Reeves, M. G. Frid // *J Appl Physiol* (1985). – 2005. – Vol. 98 (2). – P. 715-21. – Doi: 10.1152/japplphysiol.00840.2004.
75. Implementation of a hospital-wide multidisciplinary blunt chest injury care bundle (ChIP): Fidelity of delivery evaluation / S. Kourouche, K. Curtis, B. Munroe [et al.] // *Aust Crit Care.* – 2022. – Vol. 35 (2). – P. 113-122. – Doi: 10.1016/j.aucc.2021.04.003.
76. Jabaudon, M. ARDS in patients with chest trauma: Better safe than sorry / M. Jabaudon, R. Blondonnet, J. M. Constantin // *Anaesth Crit Care Pain Med.* – 2019. – Vol. 38 (3). – P. 221-222. – Doi: 10.1016/j.accpm.2019.04.006.
77. Kapicibasi, H. O. Age differences in blunt chest trauma: a cross-sectional study // *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* – 2020. – Vol. 17 (3). – P. 123-126. – Doi: 10.5114/kitp.2020.99074.
78. Karmakar, M. K. Acute pain management of patients with multiple fractured ribs / M. K. Karmakar, A. M. Ho // *J Trauma.* – 2003. – Vol. 54 (3). – P. 615-25. – Doi: 10.1097/01.TA.0000053197.40145.62.
79. Khandhar, S. J. Overview of thoracic trauma in the United States / S. J. Khandhar, S. B. Johnson, J. H. Calhoon // *Thorac Surg Clin.* – 2007. – Vol. 17 (1). – P. 1-9. – Doi: 10.1016/j.thorsurg.2007.02.004.
80. Kim, M. Chest Trauma: Current Recommendations for Rib Fractures, Pneumothorax, and Other Injuries / M. Kim, J. E. Moore // *Curr Anesthesiol Rep.* – 2020. – Vol. 10 (1). – P. 61-68. – Doi: 10.1007/s40140-020-00374-w.

81. Kozar, R. A. It is not a simple ankle fracture: 2023 Scott B. Frame Memorial Lecture // *J Trauma Acute Care Surg.* – 2023. – Vol. 95 (1). – P. 11–13. – Doi: 10.1097/TA.0000000000003947.

82. Lessons from a large trauma center: impact of blunt chest trauma in polytrauma patients-still a relevant problem? / K. Chrysou, G. Halat, B. Hokschi [et al.] // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* – 2017. – Vol. 25 (1). – P. 42. – Doi: 10.1186/s13049-017-0384-y.

83. Liquid- and air-filled catheters without balloon as an alternative to the air-filled balloon catheter for measurement of esophageal pressure / A. Beda, A. Güldner, A. R. Carvalho [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9 (9). – P. e103057. – Doi: 10.1371/journal.pone.0103057.

84. Lodhia, J. V. Surgical management of multiple rib fractures/flail chest / J. V. Lodhia, K. Konstantinidis, K. Papagiannopoulos // *J Thorac Dis.* – 2019. – Vol. 11 (4). – P. 1668-1675. – Doi: 10.21037/jtd.2019.03.54.

85. Long-term disability after blunt chest trauma: Don't miss chronic neuropathic pain! / C. Carrie, Y. Guemmar, V. Cottenceau [et al.] // *Injury.* – 2019. – Vol. 50 (1). – P. 113–118. – Doi: 10.1016/j.injury.2018.10.023.

86. Long-Term Mechanical Ventilation: Recommendations of the Swiss Society of Pulmonology / J. P. Janssens, F. Michel, E. I. Schwarz [et al.]; on behalf of the Special Interest Group on Ventilation and Oxygen Therapy of the Swiss Society of Pneumology // *Respiration.* – 2021. – Vol. 99 (10). – P. 867–902. Doi: 10.1159/000510086.

87. Low lymphocyte to high-density lipoprotein ratio predicts mortality in sepsis patients / W. Liu, Q. Tao, J. Xiao [et al.] // *Front Immunol.* – 2023. – № 14. – P. 1279291. – Doi: 10.3389/fimmu.2023.1279291.

88. Ludwig, C. Management of chest trauma / C. Ludwig, A. Koryllos // *J Thorac Dis.* – 2017. – Vol. 9 (Suppl 3). – P. S172-S177. – Doi: 10.21037/jtd.2017.03.52.

89. Lung Contusion: A Clinico-Pathological Entity with Unpredictable Clinical Course / F. A. Ganie, H. Lone, G. N. Lone [et al.] // *Bull Emerg Trauma*. – 2013. – Vol. 1 (1). – P. 7-16.

90. Lung failure after polytrauma with concomitant thoracic trauma in the elderly: an analysis from the TraumaRegister DGU® / J. T. Vollrath, C. R. Schindler, I. Marzi [et al.] // *World J Emerg Surg*. – 2022. – Vol. 17 (1). – P. 12. – Doi: 10.1186/s13017-022-00416-0.

91. Lymphopenia in sepsis-an acquired immunodeficiency? / S. Finfer, B. Venkatesh, R. S. Hotchkiss, S. C. Sasson // *Immunol Cell Biol*. – 2023. – Vol. 101 (6). – P. 535-544. – Doi: 10.1111/imcb.12611.

92. Management of thoracic trauma / J. V. Lodhia, L. Eyre, M. Smith [et al.] // *Anaesthesia*. – 2023. – Vol. 78 (2). – P. 225-235. – Doi: 10.1111/anae.15934.

93. Management of tracheobronchial ruptures in blunt chest trauma: pushing the boundaries towards a minimally invasive surgical approach / K. C. H. A. Verkoulen, L. M. van Roozendaal, J. H. T. Daemen [et al.] // *AME Case Rep*. – 2023. – № 7. – P. 21. – Doi: 10.21037/acr-23-54.

94. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury / D. Talmor, T. Sarge, A. Malhotra [et al.] // *N Engl J Med*. – 2008. – Vol. 359 (20). – P. 2095-104. – Doi: 10.1056/NEJMoa0708638.

95. Mortality prognostic factors in chest injury / M. Gaillard, C. Hervé, L. Mandin, P. Raynaud // *J Trauma*. – 1990. – Vol. 30 (1). – P. 93-6. – Doi: 10.1097/00005373-199001000-00015.

96. Naess, K. A simple apparatus for artificial respiration, built of a vacuum window wiper // *Acta Physiol Scand*. – 1951. – Vol. 22 (4). – P. 376-8. – Doi: 10.1111/j.1748-1716.1951.tb00787.x.

97. Nonoperative treatment of multiple rib fractures, the results to beat: International multicenter prospective cohort study among 845 patients / F. Peuker, R. J. Hoepelman, F. J. P. Beeres [et al.] // *J Trauma Acute Care Surg*. – 2023. – Doi: 10.1097/TA.0000000000004183. – URL:

https://journals.lww.com/jtrauma/abstract/9900/nonoperative_treatment_of_multiple_rib_fractures,.547.aspx.

98. Ntola, V. C. Diagnostic Approaches to Vascular Injury in Polytrauma-A Literature Review / V. C. Ntola, T. C. Hardcastle // *Diagnostics (Basel)*. – 2023. – Vol. 13 (6). – P. 1019. – Doi: 10.3390/diagnostics13061019.

99. Occult Pneumothorax in Blunt Thoracic Trauma: Clinical Characteristics and Results of Delayed Tube Thoracostomy in a Level 1 Trauma Center / C. W. Kim, I. H. Park, Y. J. Youn, C. S. Byun // *J Clin Med*. – 2023. – Vol. 12 (13). – P. 4333. – Doi: 10.3390/jcm12134333.

100. Okabe, Y. Risk factors for prolonged mechanical ventilation in patients with severe multiple injuries and blunt chest trauma: a single center retrospective case-control study // *Acute Med Surg*. – 2018. – Vol. 5 (2). – P. 166-172. – Doi: 10.1002/ams2.331.

101. Older trauma patients with isolated chest injuries have low rates of complications / N. Ferrah, B. Beck, J. Ibrahim [et al.] // *Injury*. – 2022. – Vol. 53 (12). – P. 4005-4012. – Doi: 10.1016/j.injury.2022.09.052.

102. On behalf of the neurointensive care and trauma working group of the sociedad española de medicina intensiva crítica y unidades coronarias semicyuc. Risk factors associated with mortality in severe chest trauma patients admitted to the ICU / J. A. Barea-Mendoza, M. Chico-Fernández, M. Quintana-Díaz [et al.] // *J Clin Med*. – 2022. – Vol. 11 (1). – P. 266. – Doi: 10.3390/jcm11010266.

103. Operative management of rib fractures in the setting of flail chest: a systematic review and meta-analysis / J. A. Leinicke, L. Elmore, B. D. Freeman, G. A. Colditz // *Ann Surg*. – 2013. – Vol. 258 (6). – P. 914-21. – Doi: 10.1097/SLA.0b013e3182895bb0.

104. Outcome of patients of chest trauma suffering from chronic obstructive pulmonary disease - experience at level 1 trauma centre / R. Aggarwal, K. D. Soni, A. Gupta, S. Kumar // *Anaesthesiol Intensive Ther*. – 2016. – Vol. 48 (3). – P. 162-5. – Doi: 10.5603/AIT.a2016.0031.

105. Outcomes of surgical versus nonsurgical treatment for multiple rib fractures: A US hospital matched cohort database analysis / A. M. Shiroff, S. Wolf, A. Wu [et al.] // *J Trauma Acute Care Surg.* – 2023. – Vol. 94 (4). – P. 538-545. – Doi: 10.1097/TA.0000000000003828.

106. [Pathophysiology, Diagnostics and Therapy of Pulmonary Contusion - Recommendations of the Interdisciplinary Group on Thoracic Trauma of the Section NIS of the German Society for Trauma Surgery (DGU) and the German Society for Thoracic Surgery (DGT)] / P. Störmann, S. Krämer, S. Raab [et al.] // *Zentralbl Chir.* – 2023. – Vol. 148 (1). – P. 50-56. – Doi: 10.1055/a-1991-9599.

107. Pattern, Management, and Outcomes of Chest Injury At Kilimanjaro Christian Medical Centre / E. Mduma, S. Chugulu, D. Msuya [et al.] // *East Afr Health Res J.* – 2023. – Vol. 7 (1). – P. 94-102. – Doi: 10.24248/eahrj.v7i1.714.

108. Physician-Led Thoracic Trauma Management in a Specialist Emergency Care Centre / J. Bates-Powell, D. Basterfield, K. Jackson, A. Aujayeb // *J Clin Med.* – 2021. – Vol. 10 (24). – P. 5806. – Doi: 10.3390/jcm10245806.

109. Pneumonia in severely injured patients with thoracic trauma: results of a retrospective observational multi-centre study / S. Wutzler, F. M. Bläsius, P. Störmann [et al.] // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* – 2019. – Vol. 27 (1). – P. 31. – Doi: 10.1186/s13049-019-0608-4.

110. Pneumothorax: from definition to diagnosis and treatment / P. Zarogoulidis, I. Kioumis, G. Pitsiou [et al.] // *J Thorac Dis.* – 2014. – Vol. 6 (Suppl 4). – P. S372-6. – Doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.09.24.

111. Predictors of long-term survival in 5,680 patients admitted to a UK major trauma centre with thoracic injuries / P. Ariyaratnam, A. Lee, R. Milton [et al.] // *Ann R Coll Surg Engl.* – 2023. – Vol. 105 (6). – P. 540-547. – Doi: 10.1308/rcsann.2023.0001.

112. Prediction of respiratory complications by quantifying lung contusion volume using chest computed tomography in patients with chest trauma / N. H. Lee, S. H. Kim, S. H. Seo [et al.] // *Sci Rep.* – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 6387. – Doi: 10.1038/s41598-023-33275-z.

113. Prins, J. T. H. What is the optimal timing to perform surgical stabilization of rib fractures? / J. T. H. Prins, M. M. E. Wijffels, F. M. Pieracci // *J Thorac Dis.* – 2021. – Vol. 13 (Suppl 1). – P. S13-S25. – Doi: 10.21037/jtd-21-649.

114. Proceedings of Reanimation 2023, the French Intensive Care Society International Congress // *Ann Intensive Care.* – 2023. – Vol. 13 (Suppl 1). – P. 50. – Doi: 10.1186/s13613-023-01131-y.

115. Prognostic factors for development of acute respiratory distress syndrome following traumatic injury: a systematic review and meta-analysis / A. Tran, S. M. Fernando, L. J. Brochard [et al.] // *Eur Respir J.* – 2022. – Vol. 59 (4). – P. 2100857. – Doi: 10.1183/13993003.00857-2021.

116. Pulmonary contusions after blunt chest trauma: clinical significance and evaluation of patient management / Z. Požgain, D. Kristek, I. Lovrić [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2018. – Vol. 44 (5). – P. 773-777. – Doi: 10.1007/s00068-017-0876-5.

117. Pulmonary Surfactant in Adult ARDS: Current Perspectives and Future Directions / A. Dushianthan, M. P. W. Grocott, G. S. Murugan [et al.] // *Diagnostics (Basel).* – 2023. – Vol. 13 (18). – P. 2964. – Doi: 10.3390/diagnostics13182964.

118. Rezoagli, E. Monitoring Lung Injury Severity and Ventilation Intensity during Mechanical Ventilation / E. Rezoagli, J. G. Laffey, G. Bellani // *Semin Respir Crit Care Med.* – 2022. – Vol. 43 (3). – P. 346-368. – Doi: 10.1055/s-0042-1748917.

119. Rib fixation in patients with severe rib fractures and pulmonary contusions: Is it safe? / S. F. M. Van Wijck, F. M. Pieracci, E. F. Smith [et al.] // *J Trauma Acute Care Surg.* – 2022. – Vol. 93 (6). – P. 721-726. – Doi: 10.1097/TA.0000000000003790.

120. Rib fractures in the elderly population: a systematic review / R. J. Hoepelman, F. J. P. Beeres, M. Heng [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2023. – Vol. 143 (2). – P. 887-893. – Doi: 10.1007/s00402-022-04362-z.

121. Richter, T. Ventilation in chest trauma / T. Richter, M. Ragaller // *J Emerg Trauma Shock.* – 2011. – Vol. 4 (2). – P. 251-9. – Doi: 10.4103/0974-2700.82215.

122. Risk Factors Analysis of Thoracic Trauma Complicated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Observation of Curative Effect of Lung-Protective Ventilation / X. Ma, Z. Dong, Y. Wang [et al.] // *Front Surg.* – 2022. – № 8. – P. 826682. – Doi: 10.3389/fsurg.2021.826682.

123. Safety and effectiveness of surgical fixation versus non-surgical methods for the treatment of flail chest in adult populations: a systematic review and meta-analysis / A. A. Apampa, A. Ali, B. Kadir, Z. Ahmed // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2022. – Vol. 48 (2). – P. 1025–1034. – Doi: 10.1007/s00068-021-01606-2.

124. Safety and efficacy of noninvasive ventilation in patients with blunt chest trauma: a systematic review / A. Duggal, P. Perez, E. Golan [et al.] // *Crit Care.* – 2013. – Vol. 17 (4). – P. R142. – Doi: 10.1186/cc12821.

125. Schellenberg, M. Pneumonia in Trauma Patients / M. Schellenberg, K. Inaba // *Curr Trauma Rep.* – 2017. – Vol. 3 (4). – P. 308-314. – Doi: 10.1007/s40719-017-0105-z.

126. Sharma, A. Principles of diagnosis and management of traumatic pneumothorax / A. Sharma, P. Jindal // *J Emerg Trauma Shock.* – 2008. – Vol. 1 (1). – P. 34-41. – Doi: 10.4103/0974-2700.41789.

127. Selvendran, S. Management Pathways for Traumatic Rib Fractures-Importance of Surgical Stabilisation / S. Selvendran, R. Cheluvappa // *Healthcare (Basel).* – 2023. – Vol. 11 (8). – P. 1064. – Doi: 10.3390/healthcare11081064.

128. Simon, J. B. Blunt chest wall trauma: an overview / J. B. Simon, A. J. Wickham // *Br J Hosp Med (Lond).* – 2019. – Vol. 80 (12). – P. 711-715. – Doi: 10.12968/hmed.2019.80.12.711.

129. Sinha, P. Late clotted haemothorax after blunt chest trauma / P. Sinha, P. Sarkar // *J Accid Emerg Med.* – 1998. – Vol. 15 (3). – P. 189-91. – Doi: 10.1136/emj.15.3.189.

130. Surgical fixation of rib fractures decreases intensive care length of stay in flail chest patients / X. Xiao, S. Zhang, J. Yang [et al.] // *Ann Transl Med.* – 2020. – Vol. 8 (5). – P. 216. – Doi: 10.21037/atm.2020.01.39.

131. Surgical Management of Multiple Rib Fractures Reduces the Hospital Length of Stay and the Mortality Rate in Major Trauma Patients: A Comparative Study in a UK Major Trauma Center / E. Gerakopoulos, L. Walker, D. Melling, [et al.] // *J Orthop Trauma*. – 2019. – Vol. 33 (1). – P. 9-14. – Doi: 10.1097/BOT.0000000000001264.

132. Surgical management of rib fractures after blunt trauma: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials / S. Craxford, D. Owyang, B. Marson [et al.] // *Ann R Coll Surg Engl*. – 2022. – Vol. 104 (4). – P. 249-256. – Doi: 10.1308/rcsann.2021.0148.

133. Surgical Management of Rib Fractures: Strategies and Literature Review / M. B. de Jong, M. C. Kokke, F. Hietbrink, L. P. Leenen // *Scand J Surg*. – 2014. – Vol. 103 (2). – P. 120-125. – Doi: 10.1177/1457496914531928.

134. Surgical Rib Fixation of Multiple Rib Fractures and Flail Chest: A Systematic Review and Meta-analysis / E. Sawyer, M. Wullschleger, N. Muller, M. Muller // *J Surg Res*. – 2022. – № 276. – P. 221-234. – Doi: 10.1016/j.jss.2022.02.055.

135. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomised study of management of severe flail chest patients / H. Tanaka, T. Yukioka, Y. Yamaguti [et al.] // *J Trauma*. – 2002. – № 52. – P. 727-32; discussion 732. – Doi: 10.1097/00005373-200204000-00020.

136. Surgical Stabilization of Rib Fractures: A Single Institution Experience / E. D. Kane, E. Jeremitsky, K. R. Bittner [et al.] // *J Am Coll Surg*. – 2018. – Vol. 226 (6). – P. 961-966. – Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2017.11.008.

137. Surgical Stabilization of Rib Fractures: Indications, Techniques, and Pitfalls / A. A. Fokin, N. Hus, J. Wycech [et al.] // *JBJS Essent Surg Tech*. – 2020. – Vol. 10 (2). – P. e0032. – Doi: 10.2106/JBJS.ST.19.00032.

138. Surgical Stabilization of Rib Fractures in Severe Injury Is Not Associated With Worse Outcomes / M. N. Harfouche, R. Nigam, D. T. Efron, J. J. Diaz // *J Surg Res*. – 2023. – Vol. 284. – P. 106-113. – Doi: 10.1016/j.jss.2022.11.053.

139. Surgical Stabilization of Rib Fracture to Mitigate Pulmonary Complication and Mortality: A Systematic Review and Bayesian Meta-Analysis / J.

Choi, G. I. Gomez, A. Kaghazchi [et al.] // *J Am Coll Surg.* – 2021. – Vol. 232 (2). – P. 211-219.e2. – Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2020.10.022.

140. Surgical versus conservative therapy for multiple rib fractures: a retrospective analysis / Y. Liu, S. Xu, Q. Yu [et al.] // *Ann Transl Med.* – 2018. – Vol. 6 (22). – P. 439. – Doi: 10.21037/atm.2018.10.12.

141. Sustained hypoxia promotes the development of a pulmonary artery-specific chronic inflammatory microenvironment / D. L. Burke, M. G. Frid, C. L. Kunrath [et al.] // *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* – 2009. – Vol. 297 (2). – P. L238-50. – Doi: 10.1152/ajplung.90591.2008.

142. Tension pneumothorax, is it a really life-threatening condition? / J. S. Yoon, S. Y. Choi, J. H. Suh [et al.] // *J Cardiothorac Surg.* – 2013. – № 8. – P. 197. – Doi: 10.1186/1749-8090-8-197.

143. The Basics of ARDS Mechanical Ventilatory Care for Cardiovascular Specialists / E. Rayner-Hartley, P. E. Miller, B. Burstein [et al.] // *Can J Cardiol.* – 2020. – Vol. 36 (10). – P. 1675-1679. – Doi: 10.1016/j.cjca.2020.07.011.

144. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition / D. R. Spahn, B. Bouillon, V. Cerny [et al.] // *Crit Care.* – 2019. – Vol. 23 (1). – P. 98. – Doi: 10.1186/s13054-019-2347-3.

145. The oesophageal balloon for respiratory monitoring in ventilated patients: updated clinical review and practical aspects / A. H. Jonkman, I. Teliás, E. Spinelli [et al.]. // *Eur Respir Rev.* – 2023. – Vol. 32 (168). – P. 220186. – Doi: 10.1183/16000617.0186-2022.

146. Timmers, T. K. Intensive care organisation: Should there be a separate intensive care unit for critically injured patients / T. K. Timmers, M. H. Verhofstad, L. P. Leenen // *World J Crit Care Med.* – 2015. – Vol. 4 (3). – P. 240-3. – Doi: 10.5492/wjccm.v4.i3.240.

147. Tomesch, A. J. Chest and Thorax Injuries in Athletes / A. J. Tomesch, M. Negaard, O. Keller-Baruch // *Clin Sports Med.* – 2023. – Vol. 42 (3). – P. 385-400. – Doi: 10.1016/j.csm.2023.03.001.

148. Traumatic hemorrhage and chain of survival / R. K. Latif, S. P. Clifford, J. A. Baker [et al.] // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* – 2023. – Vol. 31 (1). – P. 25. – Doi: 10.1186/s13049-023-01088-8.

149. Treatment and outcome in combined scapula and rib fractures: a retrospective study / R. J. Hoepelman, F. J. P. Beeres, N. van Veelen [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2023. – Vol. 33 (6). – P. 2337-2345. – Doi: 10.1007/s00590-022-03437-2.

150. Trivial Blunt Chest Trauma Leading to Acute Respiratory Distress Syndrome in a Child / S. K. Rathia, M. Tp, V. Anand [et al.] // *Cureus.* – 2023. – Vol. 15 (7). – P. e42132. – Doi: 10.7759/cureus.42132.

151. Vascular injuries after blunt chest trauma: diagnosis and management / J. V. O'Connor, C. Byrne, T. M. Scalea [et al.] // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* – 2009. – № 17. – P. 42. – Doi: 10.1186/1757-7241-17-42.

152. Wang Z. The effectiveness of early surgical stabilization for multiple rib fractures: a multicenter randomized controlled trial / Z. Wang, Y. Jia, M. Li // *J Cardiothorac Surg.* – 2023. – Vol. 18 (1). – P. 118. – Doi: 10.1186/s13019-023-02203-7.

153. Williams, A. Anaesthetic and surgical management of rib fractures / A. Williams, C. Bigham, A. Marchbank // *BJA Educ.* – 2020. – Vol. 20 (10). – P. 332-340. – Doi: 10.1016/j.bjae.2020.06.001.

ПРИЛОЖЕНИЕ

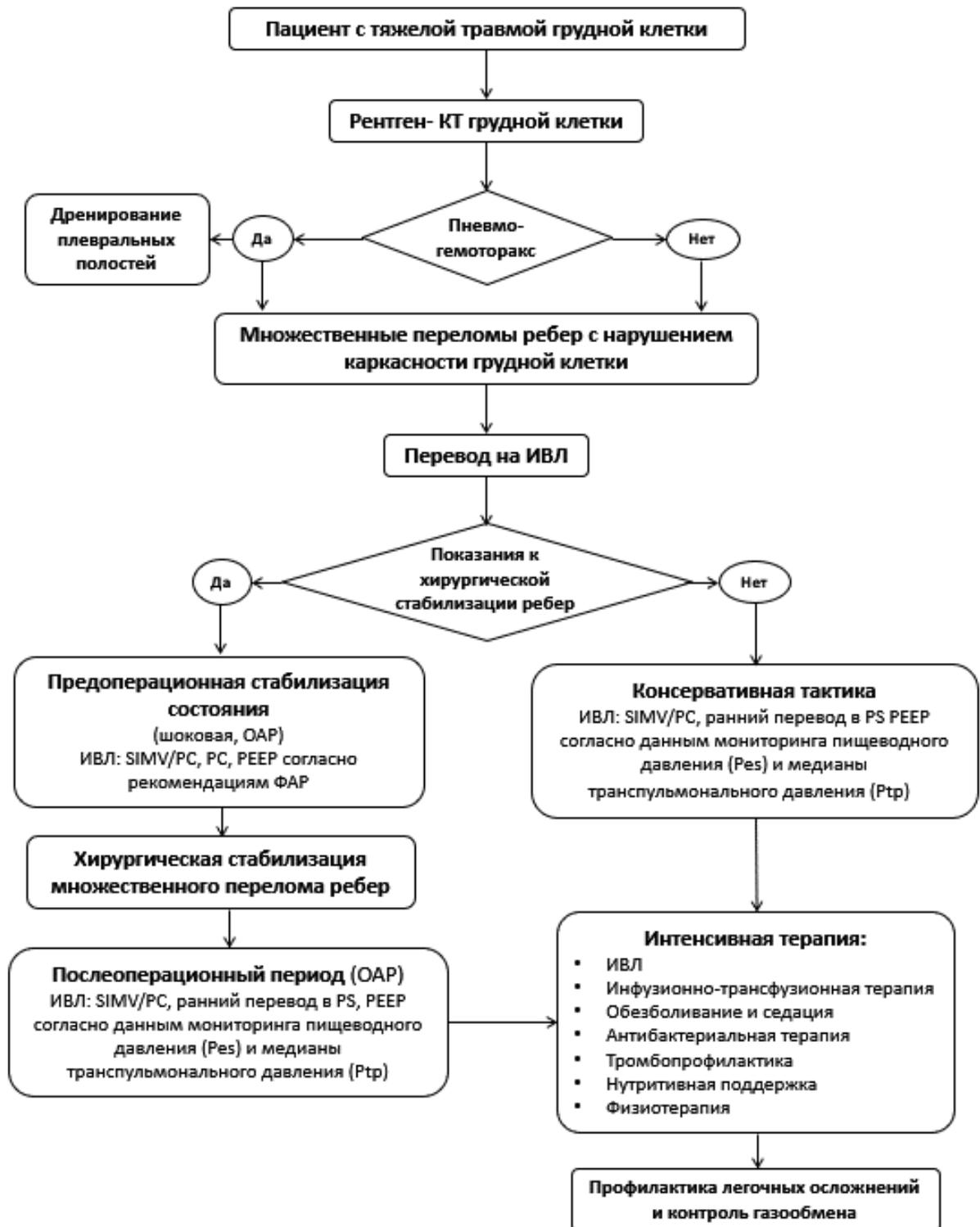


Рисунок 13 — Алгоритм оказания медицинской помощи у пациентов с тяжелой травмой грудной клетки с множественными переломами ребер