

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского
Ордена Трудового Красного Знамени
Медицинский институт имени С.И. Георгиевского

На правах рукописи

Тихоненко Андрей Александрович

**Предупреждение и лечение местного гипертензионного ишемического
синдрома при проведении закрытого блокируемого интрамедуллярного
остеосинтеза большеберцовой кости**

3.1.9. Хирургия

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Ткач Андрей Викторович

доктор медицинских наук, доцент

Симферополь – 2026

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СПОРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕЧЕНИЯ И ПРОФИЛАКТИКИ КОМПАРТМЕНТ-СИНДРОМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БЛОКИРУЕМОГО ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	10
1.1. Переломы костей голени. Частота и структура переломов большеберцовой кости.....	10
1.2. Возможности хирургического лечения переломов большеберцовой кости. Виды остеосинтеза и возможности его применения.	15
1.3. Осложнения остеосинтеза большеберцовой кости. Удельный вес компартмент-синдрома.....	24
1.4. Лечение компартмент-синдрома. Особенности лечения компартмент-синдрома при проведении блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости.....	33
1.5. Профилактика компартмент-синдрома при проведении закрытого интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости	36
ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИНИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	39
2.1. Общая характеристика клинических наблюдений.....	39
2.2. Методы исследования.....	46
2.2.1. Клинико-лабораторный и физикальный методы	46
2.2.2. Оценка функционального состояния	47
2.2.3. Рентгенография	49
2.2.4. Компьютерная томография.....	49
2.2.5. Ультрасонография	50
2.2.6. Измерение подфасциального давления	50

2.3. Методика выполнения профилактической полужакрытой фасциотомии при выполнении блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза диафиза большеберцовой кости.....	58
2.4. Статистические методы.....	64
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ В ОСНОВНОЙ И КОНТРОЛЬНОЙ ГРУППАХ.....	65
3.1. Непосредственные результаты лечения перелома большеберцовой кости без проведения фасциотомии.....	65
3.2. Непосредственные результаты лечения перелома большеберцовой кости без проведения фасциотомии.....	67
3.3. Инфекционные осложнения после остеосинтеза.....	73
3.4. Технология проведения интрамедуллярного остеосинтеза.....	75
3.5. Клинические примеры с использованием фасциотомии.....	80
3.5.1. Клинический пример 1 с использованием фасциотомии.....	80
3.5.2. Клинический пример 2 с использованием фасциотомии.....	83
3.5.3. Клинический пример 3 с использованием фасциотомии.....	88
3.6. Отдаленные результаты лечения и реабилитации.....	95
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	102
4.1. Результаты измерения подфасциального давления в контрольной группе....	106
4.2. Прогнозирование развития и течения компартмент синдрома	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
ВЫВОДЫ	125
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	126
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	128

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. На современном этапе развития медицины все больше внимания уделяется осложнениям, связанным с переломами и травмами. Одним из серьезных и часто встречаемых осложнений является МГИС (местный гипертензионный ишемический синдром, компартмент-синдром). Статистика показывает, что частота его развития при переломах варьируется от 1 до 35%, однако при циркулярных ожогах и электротравме это значение может достигать 100% [52, 105, 118].

Риски развития компартмент-синдрома существенно повышают политравма, а также состояния, которые сопровождаются шоком и др., что обуславливает актуальность профилактики данной патологии, поскольку осложнения, связанные с МГИС, могут иметь серьезные последствия для пациентов.

Изучение механизмов развития МГИС, выявление факторов риска и разработка эффективных методов профилактики являются важными задачами для современной медицины. Своевременное определение и лечение компартмент-синдрома способствуют снижению осложнений и улучшению прогноза для пострадавших [37, 57, 132].

Согласно исследованиям Л. Н. Анкина (2002), важнейшим фактором, влияющим на результаты лечения переломов костей конечностей, является МГИС. Одним из редких, но важных осложнений МГИС является переход компартмент-синдрома в ишемическую контрактуру Фолькмана. Хотя такие случаи не часто встречаются в практике медицинских специалистов, недооценка серьезности этого синдрома может привести к тяжелым последствиям для пациента. Диагностика этого осложнения на ранних этапах может быть проблематичной, поэтому важно иметь высокую настороженность и проводить необходимые исследования для его выявления.

Внимательное наблюдение за состоянием пациента и своевременные диагностические мероприятия могут способствовать успешной терапии и

предотвращению МГИС [88, 135, 136, 147].

На начальном этапе заболевания, при МГИС, переходящем в ишемическую контрактуру Фолькмана, процесс ранней диагностики весьма сложен из-за незначительной и непостоянной симптоматики. Иногда осложнения компартмент-синдрома и ишемической контрактуры Фолькмана могут привести к необратимым последствиям для здоровья пациента [76, 149].

Важно отметить, что данное состояние имеет свой уникальный код в Международной классификации болезней 10-го пересмотра – Т79.6. Этот код позволяет более точно определять и учитывать особенности развития заболеваний, что важно для правильной диагностики и лечения пациентов.

Степень разработанности темы исследования. Новые исследования в области медицины подтверждают, что МГИС может обуславливать развитие остеомиелита и возникновение неврологических дефицитов. В крайних случаях МГИС может приводить к ампутации конечностей [71, 77, 79]

Важно продолжать исследования в направлении разработки инновационных методов диагностики и лечения МГИС. Необходимость создания комплексного подхода, который учитывал бы все аспекты современных требований и был направлен на безопасное и эффективное лечение данного состояния, становится все более актуальной.

Дальнейшие исследования должны быть ориентированы на разработку новых технологий, которые обеспечили бы точное и своевременное выявление МГИС, а также эффективное лечение. Развитие методов экспресс-диагностики и инновационных подходов к хирургическому вмешательству поможет улучшить результаты терапии у пациентов с МГИС.

Цель исследования – улучшить результаты лечения пациентов с переломами большеберцовой кости на основании профилактики развития местного гипертензионного ишемического синдрома.

Задачи исследования:

1. Выявить вероятность развития осложнений при проведении закрытой репозиции с последующим металлоостеосинтезом большеберцовой кости блокируемым стержнем.
2. Разработать безопасный и эффективный способ одномоментного проведения фасциотомии при проведении металлоостеосинтеза большеберцовой кости.
3. Провести измерение подфасциального давления у пациентов после металлоостеосинтеза с применением фасциотомии и без фасциотомии.
4. Оценить клиническую эффективность и результаты проведения фасциотомии при металлоостеосинтезе большеберцовой кости.
5. Сравнить способы металлоостеосинтеза большеберцовой кости с применением фасциотомии и без фасциотомии.

Научная новизна. Разработан и запатентован способ и инструмент для проведения полужакрытой фасциотомии из доступов для интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости.

Научно обоснован и апробирован способ проведения фасциотомии, который существенно снизил вероятность развития компартмент синдрома у пациентов после металлоостеосинтеза большеберцовой кости.

В клинической практике продемонстрировано достоверное снижение частоты развития осложнений после металлоостеосинтеза.

Выполнена оценка отдаленных функциональных результатов лечения осложненных переломов костей голени с применением фасциотомии.

Теоретическая и практическая значимость. Получены данные об изменении подфасциального давления в футлярах голени при наличии перелома диафиза большеберцовой кости и проведении закрытого остеосинтеза голени блокируемым стержнем.

Обоснована возможность применения алгоритма выбора методики лечения у пациентов с переломами костей голени.

Получены данные о изменении подфасциального давления, после проведения полузакрытых фасциотомий.

Проведение профилактических или лечебных фасциотомий при проведении закрытого остеосинтеза голени блокируемым стержнем позволило снизить риск развития компартмент-синдрома.

Разработка инструмента для фасциотомии и способов его применения.

Сформированы практические профилактические рекомендации для снижения неудовлетворительных результатов лечения нозологической единицы, квалифицированной в Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10), как «Другие ранние осложнения травмы».

Методология и методы исследования. Исследование проведено в соответствии с принципами доказательной медицины. В работе применялись общеклинические, лабораторные, лучевые, функциональные, статистические методы исследования. Объект изучения – 93 пациента, госпитализированных в ортопедо-травматологическое отделение ГБУЗ РК «Больница скорой медицинской помощи №6 г. Симферополя», которым проведен БИОС. Предмет исследования – результаты металлоостеосинтеза (интраоперационные и послеоперационные осложнения).

Положения, выносимые на защиту.

1. При проведении металлоостеосинтеза большеберцовой кости блокируемым стержнем отмечаются подъем подфасциального давления поверхностных фасциальных футляров голени, при осложненных и множественных переломах также повышается давление и в глубоких футлярах голени, что ведет к ухудшению функциональных результатов лечения.

2. Разработанный способ одномоментного проведения фасциотомии при проведении металлоостеосинтеза большеберцовой кости подразумевает использование фасциотома собственной конструкции.

3. Измерение подфасциального давления у пациентов после металлоостеосинтеза позволяет выявить группу риска в плане развития компартмент-синдрома.

4. Разработанный инструмент для проведения фасциотомии и методика проведения позволяют осуществить эту процедуру без повреждения магистральных сосудов и риска кровотечения.

5. Металлоостеосинтез с проведением фасциотомии не сопровождается большим числом осложнений, что благоприятно сказывается на сроках госпитализации и последующей реабилитации пациентов.

Степень достоверности и апробация результатов. В процессе выполнения диссертационной работы проведен анализ данных двух групп пациентов (основной и контрольной), которым был произведен металлоостеосинтез с применением БИОС. Применение в лечебно-диагностическом процессе современных принципов и методов, а также технологий статистической обработки показывает достоверность полученных данных и обоснованность результатов исследования.

По результатам исследований были сделаны соответствующие доклады на: XII юбилейном съезде ортопедов-травматологов России (Москва, 2021); Научно-практическая конференция травматологов-ортопедов Южного федерального округа РФ (ЮФО) (Краснодар, 2024); научно-практической конференции травматологов-ортопедов “День травматолога” (Симферополь, 2024).

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа является фрагментом темы кафедры травматологии и ортопедии Ордена Трудового Красного Знамени «Медицинский институт им. С. И. Георгиевского» – «Разработка мероприятий по комплексному восстановительному лечению пациентов после травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата», № госрегистрации темы 0110U003985.

Личное участие автора в получении результатов. Изучены современные данные отечественных и зарубежных медицинских источников по тематике исследования, назначена цель и сформулированы задачи научной работы,

составлены план, объем и временной интервал выполнения, продуман и обозначен статистический материал, разработаны способы получения статистической информации, выполнены сбор, дифференциация и анализ полученных данных. Выполнение металлоостеосинтеза большеберцовой кости проводилось непосредственно автором или при его участии. Участие автора в сборе клинического материала – 90%, оценке проведенного лечения и экспертном заключении о полученных результатах – 85%, статистической обработке материала – 90%, обобщении и анализе результатов исследования – 100%.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 148 страницах текста компьютерного набора, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций. Работа иллюстрирована 15 таблицами и 46 рисунками. Список литературы включает 168 источников, из них 121 на иностранном языке.

Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры травматологии и ортопедии Ордена Красного Трудового Знамени Медицинского Института им. С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» за моральную поддержку и помощь в проведении исследования. Особую признательность автор приносит своему научному руководителю, д. мед. н. А. В. Ткачу за постоянные помощь, моральную поддержку и контроль выполнения научной работы.

ГЛАВА 1**СПОРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕЧЕНИЯ И ПРОФИЛАКТИКИ КОМПАРТМЕНТ-СИНДРОМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БЛОКИРУЕМОГО ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)****1.1 Переломы костей голени. Частота и структура переломов большеберцовой кости**

В клинической практике для классификации переломов костей голени широко используется универсальная классификация Ассоциации остеосинтеза АО/ASIF, предложенная М. Е. Mueller в 1996 году. Выделение в рамках каждого поврежденного костного сегмента типа, группы и подгруппы перелома позволяет максимально его детализировать, используя буквенно-числовой код. Выделяют следующие типы переломов длинных трубчатых костей в зависимости от отношения к суставной поверхности: А – внесуставной (наиболее простой с благоприятным прогнозом), В – неполный внутрисуставной, С – полный внутрисуставной (самый тяжелый с неблагоприятным прогнозом). Согласно классификации АО/ASIF, переломы проксимального отдела голени кодируются числом 41, диафизарного – 42, дистального – 43 (Таблица 1.1). Тип 42-А1 является наиболее распространенным типом, составляя 34% всех переломов диафиза БКК.

Таблица 1.1 – Классификация переломов голени АО/ASIF [9]

41 — Проксимальный сегмент голени								
41-A			41-B			41-C		
Внесуставной перелом			Неполный внутрисуставной перелом			Полный внутрисуставной перелом		
41-A1	41-A2	41-A3	41-B1	41-B2	41-B3	41-C1	41-C2	41-C3
отрывной	метафизарный простой	метафизарный многооскольчатый	с отколом мышелка	вдавленный	с отколом мышелка с вдавливанием	простой, метафизарный простой	простой, метафизарный многооскольчатый	Многооскольчатый
42 — Диафизарный сегмент голени								
42-A			42-B			42-C		
простой перелом			клиновидный перелом			сложный перелом		
42-A1	42-A2	42-A3	42-B1	42-B2	42-B3	42-C1	42-C2	42-C3
спиральный	косой (>30°)	поперечный (<30°)	спиральный клин	изгибающий клин	оскольчатый клин	спиральный	сегментарный	неправильный
43 — Дистальный сегмент голени								
43-A			43-B			43-C		
внесуставной перелом			неполный внутрисуставной перелом			полный внутрисуставной перелом		
43-A1	43-A2	43-A3	43-B1	43-B2	43-B3	43-C1	43-C2	43-C3
метафизарный простой	метафизарный клиновидный	сложный	по типу раскола	по типу раскола и вдавления	Многооскольчатый и с вдавлением	простой, метафизарный простой	простой, метафизарный многооскольчатый	Многооскольчатый

Интересно исследование отечественных ученых, по оценке соответствия кодов МКБ-10 и классификации АО/ASIF у пациентов с переломами дистальных метаэпифизов ББК (пилона) и/или малоберцовой кости (МБК) в стационаре (752 перелома дистального отдела голени, 693 перелома лодыжек по МКБ-10, типы 43 и 44 по классификации АО/ASIF) [6]. Показано слабое соответствие МКБ-10 и АО/ASIF. Так, при переломах лодыжек совпадения выявлены у 69,9% пациентов, а при переломах пилона – лишь в 24,2% случаев. Авторы считают классификацию АО/ASIF более точной, чем МКБ-10, так как она отображает реальную картину

переломов. Применение классификации АО/ASIF предпочтительнее в научных исследованиях и статистических отчетах.

Переломы костей голени - распространённые повреждения опорно-двигательного аппарата, составляющие 18-38% от общего числа переломов всех локализаций. Ежегодно переломы ББК выявляют у 17-22 на 100 тыс. человек [105118, 52]. Диафизарные переломы костей голени достигают 32-60% от всех переломов длинных трубчатых костей, а в общей структуре переломов – 14-40%.

Частота переломов диафиза ББК в таких странах, как Финляндия, Швеция, Дания и Великобритания, составляет 8,1-37 на 100 тыс. человек в год [68, 151, 78, 163], в Сингапуре – 6,1 на 100 тыс. человек в год [70]. По данным международных исследований, частота переломов проксимального отдела ББК составляет 10,3-13,3 на 100 тыс. человек в год [68, 69 151, 78], в Сингапуре – 5,6 на 100 тыс. человек в год [70].

Переломы проксимального эпиметафиза ББК составляют от 8,9% до 11% всех переломов голени и до 87% переломов коленного сустава, причем такие переломы до 56% случаев сопровождаются повреждением мягких тканей коленного сустава [150].

Переломы дистального метаэпифиза ББК (переломы пилона) встречаются довольно редко – примерно 3-10% всех переломов ББК и менее 1% всех переломов нижней конечности [66]. При переломах пилона ББК примерно в 75-90% всех случаев происходит также перелом МБК [7].

Переломы костей голени у мужчин встречаются чаще, чем у женщин. Ретроспективное исследование, проведенное в Дании, свидетельствует, что частота диафизарных переломов ББК у мужчин составляет 21,5 на 100 тыс. в год, а преобладающий возраст, в котором возникают переломы – от 10 до 20 лет, тогда как у женщин аналогичные показатели равняются 12,3 на 100 тыс. в год и 30-40 лет, соответственно [108]. Мужчины чаще получают переломы во время занятий спортом

и прогулок, а у женщин самая высокая частота переломов наблюдается во время ходьбы и при занятиях в помещении.

Голень – область наиболее частой травматизации [37, 161]. Зачастую переломы ББК составляют часть множественных или сочетанных повреждений, носят многооскольчатый характер, и сопровождаются обширными разрушениями дистальной суставной поверхности ББК, многочисленными костными фрагментами, что требует репозиции с дальнейшим оперативным вмешательством [11, 24]. В общей структуре переломов голени 1,2% - 18,5% это - сегментарные и многооскольчатые диафизарные переломы ББК [21, 37].

По данным литературы, наиболее частой причиной переломов костей голени в целом и ББК в частности является дорожно-транспортное происшествие (ДТП) [92, 161]. К. Mwafulirwa et al. (2022) провели ретроспективное исследование в стационаре в Малави (Юго-Восточная Африка), в котором изучили 72 случая открытых переломов ББК (средний возраст пациентов – 36 лет, мужчин – 82% (n=49)). Большая часть открытых переломов ББК возникла в результате ДТП – 63%, за ними следовали нападения – 18%, падения – 17% и несчастные случаи на производстве – 2%. В 26,7% случаев открытых переломов ББК развилась инфекция, а средняя продолжительность пребывания пациентов в стационаре составила 16,9 дней.

Среди городских жителей Сингапура популяционная частота переломов ББК за период 2012-2014 гг составила 13 случаев на 100 тыс. человек, при этом 47% переломов были диафизарными, 43% – проксимальными и 10% – дистальными, а доля открытых переломов оказалась равной 23% [70]. Наиболее частым механизмом травматизма было ДТП – 42% случаев, причем 78% всех ДТП составили происшествия с мотоциклистами.

При ДТП частота переломов костей голени у водителей составляет 18,9%, у пассажиров передних сидений – 16,5% [33]. Переломы костей нижних конечностей типичны для столкновений пешеходов с движущимися автомобилями. У

большинства пострадавших пешеходов (71,4%) при данном виде травмы выявляются многооскольчатые переломы костей голени, в основном, с локализацией в средней трети диафиза, формируемые в первой фазе автомобильной травмы [20]. У детей-пешеходов при различных видах ДТП переломы нижних конечностей обнаруживаются в 15,2% случаев и в их структуре преобладают переломы костей голени – 45,4% [1]. При анализе повреждений у 51 погибшего велосипедиста при велотравме в структуре повреждений конечностей наиболее часто наблюдались двусторонние диафизарные переломы костей голени – 12 случаев (23,5%) [19].

Травмы нижних конечностей (повреждения связок голеностопного сустава, переломы одной или обеих лодыжек) наиболее часто встречаются в лыжном спорте, достигая 40% [15]. Кроме того, переломы костей нижних конечностей с разной частотой наблюдаются у футболистов, бегунов, велосипедистов, мотоциклистов, хоккеистов [3].

Н. S. Haeberle et al. (2018) оценили распространенность травм, частоту операций и сроки возвращения к соревнованиям среди элитных велосипедистов, участвующих в 21-этапной гонке Тур де Франс с 2010 до 2017 гг. Острые переломы были наиболее распространенной травмой, приводившей к снятию с участия в Тур де Франс (n=61), при этом наиболее часто отмечался перелом ключицы (21 случай). Перелом ББК зафиксирован у 2-х спортсменов, в обоих случаях потребовалось хирургическое лечение, а время возвращения к соревнованиям составило 127,5 дней.

Среди профессиональных игроков в футбол в структуре переломов нижних конечностей переломы диафиза ББК (5%) и дистального отдела ББК (1%) являются наиболее распространенными, наряду с переломами лодыжки (13%), плюсневой кости (6%) и фаланги пальца стопы (2%) [141].

В спортивной деятельности травмы нижних конечностей могут обуславливаться экзогенными причинами - грубыми механическими воздействиями на кости извне (падения, удары) и чрезмерные физическими нагрузками, которые превышают функциональные возможности опорно-двигательного аппарата

спортсмена и приводят к дегенеративно-дистрофическим изменениям костной ткани (эндогенной травматизм) [5]. У 40% спортсменов выявляют стрессовые переломы из-за чрезмерной нагрузки одной из областей. Стресс-переломы нижних конечностей достигают 80-95% всех случаев стрессовых переломов в спорте, при этом стрессовые переломы ББК составляют 49% и особенно характерны для женщин-атлетов [48].

Остеопоротические переломы костей голени встречаются нечасто [46, 64]. Так, исследование, проведенное на Северном Урале среди лиц старше 50 лет, показало, что из 1371 случая перелома, ассоциированного с остеопорозом, удельный вес переломов дистального отдела голени составил 13,8% [12]. В то же время, международное исследование ICUROS, через 1,5 года после перелома показало значительное снижение качества жизни (QoL) пациентов, что было наиболее характерно для переломов проксимального отдела бедренной кости (0,5), за которым следовали переломы голени (0,27) [153].

В научной литературе описаны интраоперационные переломы ББК при ревизионной хирургии коленного сустава, хотя встречаются они относительно редко и недостаточно изучены [128]. Частота интраоперационных переломов бедренной кости, ББК или надколенника во время тотального эндопротезирования коленного сустава составляет от 0,2% до 4,4%/[148] В этом случае переломы ББК могут возникнуть во время обнажения сустава, удаления протеза или цемента, при имплантации пробных либо оригинальных компонентов.

1.2. Возможности хирургического лечения переломов большеберцовой кости. Виды остеосинтеза, особенности его применения

Хирургическое вмешательство является основным методом лечения при переломах длинных трубчатых костей. К ключевым целям хирургического лечения переломов ББК относятся восстановление конгруэнтности, стабильности сустава и

нормальной оси конечности, а также обеспечение стабильности перелома [60]. В отдаленном послеоперационном периоде важным является максимально полное восстановление функций поврежденной конечности и предотвращение посттравматического артроза [155].

Основным методом хирургического лечения переломов ББК является остеосинтез, который включает репозицию и фиксацию костных отломков. Выбор оптимальной методики остеосинтеза переломов ББК до сих пор является спорным вопросом в научной литературе. Различают несколько основных видов остеосинтеза [57, 110]:

1) Внутренний (погружной) остеосинтез подразумевает фиксацию костных отломков различными фиксаторами (штифты, пластины, гвозди, винты, спицы, проволока), которые помещаются непосредственно в область перелома. В зависимости от положения фиксирующих устройств выделяют внутрикостный (интрамедуллярный), накостный остеосинтез и чрескостный остеосинтез.

2) При наружном остеосинтезе костные отломки фиксируют посредством дистракционно-компрессионных аппаратов внешней фиксации, наиболее известным среди которых является аппарат Илизарова. J. D. May et al. (2017) проанализировали собственный 10-ти летний опыт применения данного метода при лечении закрытых переломов диафиза ББК у 76 пациентов. По мнению авторов исследования, вероятность того, что у пациента возникнут трудности при уходе за аппаратом внешней фиксации, составляет 59%. По данным А. А. Артемьева и соавт. (2021), восстановление нагрузки на нижнюю конечность при использовании остеосинтеза по Илизарову при переломах диафиза ББК у 25% пациентов происходит в срок $5,4 \pm 1,4$ дня, в 50% случаев в срок $34,7 \pm 11,2$ дня, а все пациенты могли полностью нагружать поврежденную конечность через $76,2 \pm 17,6$ дня после операции.

В настоящее время в связи с достаточно высоким риском воспалительных осложнений и неудобствами для больного, наружный остеосинтез при переломах костей голени применяется нечасто. Использование аппаратов внешней фиксации

предпочтительно при лечении тяжелых открытых переломов, внесуставных переломах ББК, при высокоэнергетической травме, массивном повреждении мягких или костных тканей, когда сохранено периферическое кровоснабжение нижней конечности, а также при лечении политравмы, например, огнестрельной или минно-взрывной [13, 23, 85, 170]. На сегодняшний день чаще всего применяются стержневые аппараты внешней фиксации, которые менее массивны и в то же время достаточно жестко фиксируют костные фрагменты.

Чрескожный остеосинтез, когда на поврежденную кость снаружи устанавливают дистракционно-компрессионные аппарат, а костные фрагменты фиксируются через кожу, часто применяется при переломах дистальной части и проксимальной трети ББК. Так, по данным Vendevre T., Gayet L. É. (2021) при переломах проксимального отдела ББК чрескожный остеосинтез позволяет получить лучшие функциональные результаты, чем открытая репозиция и внутренняя фиксация.

3) Комбинированный остеосинтез направлен на преодоление недостатков изолированного применения внешних и внутренних фиксирующих устройств при сохранении их преимуществ. Например, сочетание аппарата наружной фиксации и интрамедуллярных эластичных спиц позволяет уменьшить продолжительность фиксации в аппарате Илизарова, сократить количество спиц и стержней в аппарате наружной фиксации, сохранить кровообращение пораженной конечности, механически стимулировать формирование костной мозоли и предупредить вторичное смещение костных отломков [36].

В настоящее время наиболее распространенными вариантами хирургического лечения переломов ББК являются интрамедуллярный и накостный остеосинтез. Операция может осуществляться через малоинвазивный или открытый доступ. Малоинвазивный способ является более предпочтительным, поскольку в этом случае хирургическое вмешательство отличается меньшей травматичностью, легче

переносится пациентами и сопровождается более коротким реабилитационным периодом [106, 103, 112].

Когда речь идет о лечении поврежденных костей, важно обеспечить надежную и стабильную фиксацию костных фрагментов. Этот аспект играет ключевую роль в процессе восстановления и возвращения функциональности поврежденной конечности. Современные методы хирургического лечения позволяют добиться этой фиксации и возможность нагружать поврежденную конечность уже через несколько дней после операции. Это способствует более быстрому восстановлению и уменьшает время сращения костей.

Для достижения желаемого результата специалисты используют различные методики фиксации костных фрагментов, такие как внутренняя фиксация с помощью пластин и винтов, внешняя фиксация с помощью каркасов или экзофиксаторов. Важно также отметить, что качество и правильность фиксации напрямую влияют на процесс реабилитации и восстановления функции поврежденной конечности. Поэтому выбор оптимального метода фиксации играет решающую роль в успешном и быстром восстановлении пациента.

При интрамедуллярном остеосинтезе фиксирующая спица или штифт устанавливаются в спинномозговой канал ББК. Среди преимуществ интрамедуллярного остеосинтеза по сравнению с наружной фиксацией и гипсованием следует отметить его минимальную травматичность, надежную и стабильную фиксацию костных фрагментов, возможность нагружать поврежденную конечность уже через несколько дней после хирургического лечения, более короткое время сращения [35, 87, 160]. В эксперименте И. Ф. Ахтямова с соавт. (2016) выявлено, что интрамедуллярный остеосинтез ББК имплантатами с покрытием нитридами титана и гафния купировал болевой синдром к 10-м суткам после вмешательства, а полноценная опора на конечность после перелома была возможна к 30-м суткам [4].

При выполнении интрамедуллярного остеосинтеза возможно применение штифтов без блокирования, которые помещают в костномозговую полость ББК и заклинивают в ней. Однако более прочное соединение костных отломков обеспечивает рассверливание костномозговой полости посредством специальных сверл. Блокированный интрамедуллярный остеосинтез предполагает использование специальных штифтов с блокированием, на концах которых находятся отверстия, через которые вводят винты, проходящие через кость.

После операции по фиксации костных отломков, важно обеспечить стабильность и правильное восстановление конечности. Такая методика позволяет еще больше повысить стабильность фиксации костных отломков, и включает в себя несколько ключевых аспектов:

1. Улучшение стабильности фиксации костных отломков.
2. Сохранение нормального кровоснабжения поврежденной конечности.
3. Возможность начать дозированную нагрузку на конечность уже на следующий день после операции.

Эти меры способствуют более быстрой консолидации перелома и ускоряют процесс восстановления. Как результат, пациенты могут быстрее вернуться к полноценной жизни и активности [58, 80].

Интрамедуллярный блокированный остеосинтез на сегодняшний день служит «золотым стандартом» для лечения диафизарных переломов ББК, он предпочтительнее накостного остеосинтеза и использования аппаратов внешней фиксации, т.к. значительно ускоряет консолидацию и дает возможность в кратчайшие сроки вертикализировать пациента [43, 83].

Вместе с тем, необходимость предварительного рассверливания костномозговой полости остается дискуссионным вопросом. В литературе имеются сведения, что интрамедуллярное рассверливание с последующей фиксацией костных отломков ухудшает эндостальное кровообращение, нередко вызывая некроз

внутренней области кортикального слоя кости, тем самым увеличивая риск осложнений [96, 146].

X. Duan et al. (2012), проанализировав результаты 9 рандомизированных и 2 квази-рандомизированных клинических исследования с участием 2093 пациентов с 2123 переломами диафиза ББК, заключили, что в научных публикациях недостаточно данных для того, чтобы сделать окончательные выводы о преимуществах и недостатках рассверливания и нерассверливания при интрамедуллярном остеосинтезе. Доказательства «умеренного» качества позволяют предположить, что нет четкой разницы в частоте крупных повторных операций и осложнений между рассверленными и нерассверленными интрамедуллярными стержнями, однако рассверливание костномозговой полости сопровождалось меньшей частотой отторжения имплантата по сравнению со случаями, когда костномозговой канал не рассверливался (35/789 по сравнению с 79/756; отношение рисков (ОР) 0,42, 95% доверительный интервал (ДИ) от 0,28 до 0,61).

Однако имеются и другие данные. В экспериментальной работе F. Greksa et al. (2012) продемонстрировано, что рассверливание костномозговой полости ББК приводит к значительному компенсаторному увеличению общей плотности кровеносных сосудов и капилляров в надкостнице. В более поздней работе этих же авторов выявлена прямая связь между недостаточностью местной перфузии и неблагоприятным исходом лечения перелома, а именно несращением [89].

А. Н. Прокопьев и А. А. Кликушин (2015) на основании изучения длины и диаметра наиболее узкой части костномозговой полости ББК показали, что с анатомо-биомеханической позиции наиболее оптимальным методом лечения диафизарных переломов костей голени является внутрикостный остеосинтез с рассверливанием костномозговой полости. Схожие данные получены в более позднем топографо-анатомическом исследовании А. С. Марченко и соавт. (2021), которые выявили, что предварительное рассверливание костномозгового канала имеет ряд преимуществ ввиду выраженных индивидуальных различий в строении

БКК и позволяет имплантировать штифты довольно большого диаметра, повысить первичную стабильность металлоостеосинтеза и увеличить процент полноценной консолидации перелома.

Накостный остеосинтез проводится с помощью различных пластин, которые через отверстия винтами соединяются с костью. Однако оптимальный материал для изготовления пластины, ее рабочая длина, количество и жесткость заблокированных винтов, варианты установки пластины до сих пор обсуждаются в научной литературе. «Обычные» пластины первого поколения заменили компрессирующие с угловой стабильностью (LCP), далее - с моноосиальной и полиосиальной стабильностью, что значительно повысило стабильность остеосинтеза [55]. Усовершенствованным вариантом пластин являются двухрядные пластины LCP, которые успешно применяются при диафизарных переломах длинных костей конечностей [45].

Минимально инвазивный остеосинтез пластинами (МИПО, МПО) – современный метод оперативного лечения переломов БКК, минимизирующий риски осложнений со стороны мягких тканей голени, особенно при многооскольчатых переломах [51, 152]. МИПО благодаря миниинвазивности доступа снижает риски раневых осложнений, обеспечивает хорошие условия для консолидации, не вызывает поражений смежных суставов и снижает вероятное смещение костных отломков [8, 39, 91, 106].

J. W. Kim et al. (2012) изучили результаты МИПО при открытом переломе проксимального отдела БКК у 30 больных. Ни у одного пациента не было отклонения более 10° , средний балл по опроснику Knee Society Score (KSS) составил 88,7 баллов при заключительном контрольном визите, 23 пациента достигли превосходного результата, 7 – хорошего. Было 3 поверхностных и 5 глубоких инфекций, но ни одна из них не потребовала раннего удаления имплантата.

В исследовании R. Saini et al. (2023) у пациентов с метафизарным переломом проксимального отдела БКК результат оценки по шкале KSS оказался выше при

применении мостовидной пластины, чем при использовании гибридной внешней фиксации – $75,00 \pm 8,22$ против 69, 43, 8, 11, соответственно.

Исследование, проведенное в Китае, показало, что накостный остеосинтез двумя пластинами путем переднего срединного разреза является оптимальным методом при лечении сложных переломов плато ББК и в случае выполнения в срок 6-8 суток после травмы позволяет добиться заживления более 80% через 5 месяцев после операции [110].

Применение FCL (винтов с блокированием дистального кортикала), обеспечивающих небольшую подвижность под пластиной и «контроль динамизации», за счет блокировки только в пластине и дальнем от пластины кортикале диафиза, является перспективным направлением накостного остеосинтеза [31]. Особенности конструкций FCL, которые способствуют повышению фиксации и более быстрому заживлению переломов, являются гибкая фиксация, распределение нагрузки, прогрессивная жесткость и параллельное межфрагментарное движение [61]. Винты FCL способствуют более быстрому заживлению переломов ББК, чем традиционные стопорные винты, которые отличаются высокой жесткостью фиксации. Так, в недавней работе D. O. Lee et al. (2023) время формирования костной мозоли при дистальном переломе ББК составило 77,5 дней в группе FCL и 96 дней в традиционной группе ($p=0,023$), а среднее время сращения костей – 134,8 дня против 163,1 дня, соответственно ($p=0,017$). Был один случай ослабления винта в группе FCL и один случай поломки винта в традиционной группе.

Лечение переломов дистального отдела ББК (пилона) может быть затруднено из-за необходимости реконструкции пораженной суставной поверхности и прилегающего метафиза и сопутствующего перелома малоберцовой кости, что наблюдается в 85% случаев [54]. Многочисленные исследования сообщали, что при хирургическом лечении переломов ББК высока вероятность осложнений, таких как: несращение, раневые осложнения, инфекции (до 40%), остеомиелит,

посттравматический остеоартрит, необходимость ампутации; и в отдаленном периоде - ограниченные функциональные результаты [111, 117, 167].

Из-за чрезвычайно высокого уровня осложнений был разработан двухэтапный хирургический подход, который остается стандартным протоколом лечения переломов пилона ББК и включает временную внешнюю фиксацию на 1-4 недели для восстановления длины и выравнивания перелома пилона с последующей открытой репозицией и внутренней фиксацией, как только спадет отек мягких тканей [66]. В большинстве случаев при переломах пилона применяется передним или переднелатеральным доступ [27]. Если необходима фиксация задних фрагментов, могут быть показаны заднемедиальный и заднелатеральный доступы [6].

В литературе сообщается о хороших функциональных результатах, высоких показателях сращения и небольшом проценте осложнений при использовании минимально инвазивного остеосинтеза с использованием медиальной пластины и/или интрамедуллярного стержня в лечении переломов пилона ББК. При всех околоуставных переломах показан метод МИПО, а также при внутрисуставных, если есть возможность добиться анатомической репозиции отломков без вскрытия зоны перелома [26, 51, 98, 167]. Лечение переломов дистального отдела ББК с помощью МИПО позволяет сохранить мягкие ткани и остаточное кровоснабжение конечности. Недавний систематический обзор 23 исследований с включением 673 пациентов с переломами пилона ББК показал, что у 87,33% пациентов достигнуты «отличные и хорошие» результаты, у 8,67% – «удовлетворительные» результаты и в 4% случаев результаты оценены как «плохие» [152]. В зависимости от типа перелома по классификации АО/ОТА 76,47%, 80,05% и 76,92% переломов типа А, В и С, соответственно, достигли результатов «от отличного до хорошего».

В проспективном исследовании результатов лечения закрытых переломов ББК и пилона с помощью МИО пластинами, среднее время сращения перелома составило 19,7 недель (диапазон 12-38 недель), средний диапазон движений составлял 10°

тыльного сгибания (диапазон 5-15°) и 28,3° подошвенного сгибания (диапазон 20-35°), при этом общая частота осложнений составила 23,8% и включала задержку сращения и ущемление мягких тканей [158]. Высокую скорость заживления переломов и удовлетворительный функциональный результат с минимальными осложнениями при заживлении ран продемонстрированы в исследовании Bariş A. et al. (2020) (среднее время наблюдения после операции – 42,7±4,6 месяца).

В целом, для оценки эффективности и безопасности этого метода необходимы дальнейшие высококачественные исследования с большими размерами выборки, долгосрочным наблюдением и сравнением с другими методами. В настоящее время появляются дополнительные методы лечения, такие как внешняя фиксация и первичный артродез, которые следует рассматривать в более сложных случаях [65].

1.3. Осложнения остеосинтеза большеберцовой кости. Удельный вес компартмент-синдрома

Данные о частоте осложнений остеосинтеза ББК противоречивы. Основную сложность в лечении представляют открытые переломы (до 30% переломов голени), когда высок риск инфекционных и воспалительных осложнений (16-65%) и дефектов мягких тканей, что обуславливает нуждаемость в длительной госпитализации [38, 125, 132]. Причинами этого служат анатомические особенности ББК.

В исследование C. D. Weber et al. (2019) включено 4940 пациентов из Trauma Register DGU® с переломами ББК и оценкой по шкале Injury Severity Score (ISS) более 16 баллов. Закрытые переломы ББК были определены у 2000 пациентов (40,5%), тогда как открытые – в 2940 случаях (59,5%). Открытые переломы были достоверно связаны с более высоким объемом реанимационных мероприятий ($p<0,001$), большой кровопотерей ($p<0,001$) и массовыми трансфузиями ($p=0,006$).

Оценка клинических и функциональных отдаленных последствий открытых переломов диафиза ББК (12-22 года после травмы) свидетельствует, что в 26% случаев пациенты отмечали сохраняющуюся боль в колене, 10% больных жаловались на боли в лодыжке и 17% пациентов сообщали о совокупности симптомов, что коррелировало с худшими функциональными результатами сращения перелома и понижением качества жизни пациентов [68]. Среди других факторов, наличие открытых переломов было значимо связано со смертностью пациентов (отношение шансов (ОШ) 1,46, 95%ДИ 1,13-1,88, $p=0,004$).

Систематический обзор A. T. Schade et al. (2020), посвященный изучению последствий открытых переломов ББК в странах с низким и средним уровнем дохода (18 исследований из 10 стран), выявил, что наиболее распространенными осложнениями были инфекция (18%), несращение (15%) и ампутация конечности (15%). Экономический анализ был проведен только в одном исследовании, в котором все пациенты работали до травмы, а через 12 месяцев после травмы сохранили трудоспособность только 20%.

Однако, закрытые переломы костей голени также могут вызывать сложности в лечении в связи с развитием таких осложнений, как несращение, замедленная консолидация и формирование ложных суставов [14, 30].

L. A. M. Hendrickx et al. (2020) представили систематический обзор 51 исследования с участием 8110 пациентов (средний возраст 37,5 лет), которым применяли интрамедуллярные стержни по поводу травматических переломов ББК. Наиболее частым осложнением была боль в передней части колена (23%), затем – несращение (11%), как минимум одна последующая операция потребовалась 18% пациентов. Наиболее частым показанием к ревизионной операции было удаление винта из-за боли или дискомфорта (9%). Динамизация для ускорения консолидации зарегистрирована в 8% случаев. Авторы подчеркивают, что спрогнозировать риск нежелательных явлений при хирургическом лечении диафизарных переломов ББК сложно.

В ряде исследований отмечается, что МИПО за счет уменьшенного хирургического доступа сопровождается меньшей частотой осложнений по сравнению с другими вариантами погружного остеосинтеза [8, 101, 106, 170]. Частота послеоперационных осложнений при анализе результатов лечения 678 переломов дистального пилона ББК методом МИПО составила 35,06% (n=236), в том числе 28 случаев поверхностной раневой инфекции (4,16%), 22 случая неправильного сращения (3,27%), один случай глубокой инфекции (0,148%) и 4 случая несращения (0,59%) [152].

В ретроспективном обследовании 37 пациентов, перенесших МИПО по поводу перелома средней части диафиза ББК (классификация АО/ОТА 42) неправильное сращение наблюдалось в 3 случаях (8,1%), поверхностная инфекция, которая разрешилась спонтанно, у 2 (5,4%) пациентов [98]. В то же время, в рандомизированном исследовании, выполненном Polat A. et al. (2015) выявлена сопоставимая частота осложнений (несращение или неправильное сращение, инфекции) при выполнении МИПО и интрамедуллярного остеосинтеза, при этом последний метод достоверно повышал объем интраоперационной кровопотери, длину хирургического разреза и ротационное смещение.

Среди 673 пациентов с переломами пилона, пролеченных посредством МИПО, осложнения были зарегистрированы в 35,06% случаев (n=236) и включали один случай глубокой инфекции (0,148%), 28 случаев поверхностной раневой инфекции (4,16%), 4 случая несращения (0,59%) и 22 случая неправильного сращения (3,27%) [152].

В другом исследовании вальгусное смещение наблюдалось у 2,7% пациентов, а рекурвационная деформация ББК более 10° – у 27,8% пациентов, получавших минимально инвазивный остеосинтез с использованием медиальной пластины и/или интрамедуллярного стержня [56].

В рандомизированном проспективном исследовании среди 58 пациентов с простыми переломами дистального отдела ББК, выполненном Kim J. W. et al. (2018),

выявлена схожая частота осложнений при лечении методом МИПО и открытой репозиции с внутренней фиксацией (по одному случаю отсроченного сращения и по одному случаю поверхностной инфекции). Однако в другом рандомизированном исследовании у пациентов с внесуставным переломом дистального отдела ББК частота инфекционных осложнений в группе открытой репозиции с внутренней фиксацией была выше, чем в группе МИПО – 5 случаев против 1 случая [49].

Неоднозначные результаты получены N. J. Bleeker et al. (2019) при сравнении исходов лечения 135 пациентов с внесуставными переломами дистального мета- или диафиза ББК. Частота несращения переломов, пролеченных с помощью интрамедуллярного остеосинтеза (n=72), была значительно выше, чем в группе МИПО (n=63) – 22% против 6% (p=0,04). Напротив, при выполнении МИПО отмечен достоверно более высокий уровень инфицирования, при этом не было значительной разницы между обеими группами по частоте ротационного смещения (3% против 10%) и углового смещения (4% против 5%).

В исследовании Beytemür O. et al. (2017) у пациентов с простыми внутрисуставными переломами дистального отдела ББК (АО-ОТА тип 43 C1-C2) у 4 пациентов с интрамедуллярным остеосинтезом (n=37) выявлено вальгусное неправильное сращение, тогда как в группе МИПО (n=36) его не наблюдалось (p=0,042). Однако частота рекурвации была выявлена у 10 пациентов в группе МИПО и не наблюдалась в группе интрамедуллярного остеосинтеза (p = 0,001).

При проведении 89 операций интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза в 4 (5,3%) случаях получен неудовлетворительный результат, связанный с несостоятельностью остеосинтеза и несращением перелома, что потребовало ревизионного вмешательства [15].

Анализ исходов различных вариантов остеосинтеза у 27 пациентов с оскольчатými переломами диафизов ББК выявил неудовлетворительные результаты у 8 (20,5%) пациентов [32]. У одного больного с внеочаговым остеосинтезом выявлен остеомиелит, у 3х - дестабилизация и вторичное смещение костных

отломков после вынужденного удаления спиц. По 2 пациента в обеих группах зафиксировано со смещением костных фрагментов и признаками нарушений репаративной регенерации в области перелома. Важно, что при выполнении комбинированных вариантов остеосинтеза осложнений не было. Одним из наиболее частых осложнений при выполнении интрамедуллярного остеосинтеза является боль в передней части колена [139].

При использовании аппарата Илизарова распространенным осложнением является развитие воспаления в местах выхода фиксирующих элементов [2]. Среди 40 пациентов с закрытыми диафизарными переломами ББК типа А1-А3 (по классификации АО/ASIF), которым выполнен комбинированный остеосинтез (чрескостный остеосинтез по Илизарову в сочетании с интрамедуллярными эластичными спицами, покрытыми гидроксиапатитом) в 9 случаях (22,5%) развилось воспаление мягких тканей вокруг спиц фиксирующего аппарата, которое в 7 случаях было пролечено локально антисептическими препаратами, а у 2 пациентов потребовалась антибиотикотерапия и удаление спиц [24].

В другом исследовании при обобщении собственного опыта лечения 57 пациентов с диафизарными переломами костей голени путем остеосинтеза по Илизарову с использованием стержневых и спице-стержневых аппаратов воспаление мягких тканей в местах выхода спиц выявлено у 24 (42,1%), замедленное сращение – у 1 (1,8%) пациента [2].

При ретроспективном анализе историй болезни 67 пациентов с внесуставными переломами ББК, пролеченных методом наружного чрескостного остеосинтеза, несращение перелома имело место у 4 (5,9%) пациентов, контрактуры голеностопного сустава – в 4 (5,9%) случаях, воспалительные осложнения – у 2 (2,9%) больных [23].

Одним из возможных ранних осложнений остеосинтеза при переломах ББК является МГИС, который обусловлен повышением давления в закрытом костно-фасциальном пространстве, что приводит к нарушению местного кровообращения

[84, 121]. Развитие острого компартмент-синдрома связано с увеличением затрат на лечение в 2,85 раза в течение однолетнего периода после хирургического лечения переломов плато ББК [99].

Фасция представляет собой тонкий, неэластичный слой соединительной ткани, окружающий мышечные клетки и ограничивающий способность к быстрому расширению. Острый компартмент-синдром возникает, когда давление внутри мышечной фасции увеличивается. При остеосинтезе компартмент-синдром может быть результатом кровотечения, мышечного отека или плотного смыкания фасциальных слоев [113]. Сначала нарушается микроциркуляция, затем, если давление продолжает расти, пережимаются вены и артерии. Повреждение мышц и нервов внутри фасции начинается еще до прекращения кровоснабжения [159]. Когда мышечные клетки не получают достаточного количества кислорода, возникают некроз и рабдомиолиз, при этом, среди прочего, высвобождается миоглобин, который может вызвать острое почечное повреждение [67, 159]. В нижней конечности имеется четыре мышечно-фасциальных отдела: передний, латеральный, глубокий задний и поверхностный задний. Передний отдел голени является наиболее распространенной анатомической локализацией компартмент-синдрома, при этом следует учитывать, что данный отдел включает большеберцовую артерию, глубокий малоберцовый нерв, переднюю большеберцовую мышцу и мышцы-разгибатели пальцев стопы [113, 145]. Показано, что при проведении блокированного интрамедуллярного остеосинтеза в 93,7% случаев поражаются переднелатеральный и латеральные футляры голени [43].

Единой классификации компартмент-синдрома не существует. Предлагается выделять следующие степени тяжести компартмент-синдрома по уровню внутритканевого давления (ВТД) [18] (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. – Классификация тяжести МГИС по уровню ВТД
(Иванов В. И. и соавт., 2011)

В соответствии с классификацией Страфуна С. С. (1991) компартмент синдром по тяжести делится на три степени. Легкая степень тяжести МГИС включает в себя следующие пункты: температура кожи сегмента в пределах нормы, пульсация на магистральных артериях определяется, гипостезия пальцев, подфасциальное давление 30-40 мм.рт.ст. В среднюю степень температура кожи снижается, пульсация магистральных сосудов ослаблена, анестезия пальцев, подфасциальное давление 60-80 мм.рт.ст. Для тяжелой степени характерна анестезия пальцев, пульсация магистральных артерий не определяется, подфасциальное давление выше 80 мм.рт.ст.

Зачастую на ранних стадиях МГИС не диагностируется, возникает длительная гипоксия тканей, что обуславливает замедление сращения, несращения; снижение силы мышечного сегмента; развитие контрактур [10]. Более тяжелые степени компартмент-синдрома характеризуются формированием некроза тканей и осложнений в ранние сроки после операции [34].

По данным литературы, частота развития компартмент-синдрома существенно варьирует. Перелом ББК является наиболее распространенной причиной острого

компартмент-синдрома, на долю которого приходится до 12% всех случаев компартмент-синдрома [113, 136]. По данным ряда авторов, при закрытых переломах частота МГИС составляет 12,2%, а при открытых – 10,7-13,7% [24, 34, 40, 44]. Однако по другим данным, открытые переломы ББК чаще вызывают компартмент-синдром (6%), чем закрытые переломы (1,2%) [102, 114, 145].

Согласно исследованию А. А. Тихоненко и соавт. (2022), из 119 пациентов с диафизарными переломами ББК, которым выполнен блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, компартмент-синдром в послеоперационном периоде развился в 62 (52,1%) случаях, причем в 93,7% случаев были затронуты переднелатеральный и латеральные футляры голени.

В метаанализе 10 исследований, посвященных хирургическому лечению переломов проксимального отдела ББК (321 случай интрамедуллярного остеосинтеза и 346 случаев фиксации чрескожной блокируемой пластиной) не было существенных различий по частоте острого компартмент-синдрома при данных хирургических вмешательствах (отношение шансов 1,46, 95% ДИ: 0,33-6,46, $p=0,62$) [140].

В рандомизированном проспективном исследовании из 27 пациентов с диафизарным переломом ББК, пролеченных с помощью интрамедуллярного остеосинтеза, компартмент-синдром развился в 2-х случаях, тогда как из 31 случая применения аппарата Илизарова такого осложнения не было [139].

Группой французских исследователей оценены результаты лечения 16 пациентов с бифокальными переломами голени типа 42C2 по классификации АО, 6 пациентам была выполнена интрамедуллярная установка гвоздей с блокировкой с рассверливанием, а 7 пациентам – интрамедуллярная установка стержней без рассверливания [160]. Было зарегистрировано 2 случая компартмент-синдрома в группе блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза.

У пациентов с переломами ББК факторами риска развития компартмент-синдрома являются молодой возраст пациента (12-29 лет), мужской пол, длина

перелома более 20% длины ББК, перелом плато ББК по сравнению с переломами диафиза или пилона (12%, 3% и 2%, соответственно), сопутствующий перелом МБК, перелом типа Шацкера VI [50, 71, 102, 122].

В ретроспективном когортном исследовании с включением 1388 пациентов с острым диафизарным переломом ББК компартмент-синдром был диагностирован в 160 (11,5%) случаях [123]. Наряду с такими данными, как возраст 12-29 лет, мужской пол, профессия «синих воротничков», спортивная травма и классификация переломов, значимым предиктором развития острого компартмент-синдрома было лечение интрамедуллярными гвоздями ($p < 0,05$). Причем после поправки на возраст, род занятий ($p = 0,01$) и тип имплантата ($p = 0,004$) оказались единственными значимыми прогностическими факторами.

Как правило, компартмент-синдром является клиническим диагнозом, основное проявление которого на ранних стадиях – ощущение напряжения или «деревянности» в пораженном отделе, усиление или появление болевого синдрома. Позднее появляются парестезии, паралич, определяются отсутствие пульса и бледность кожного покрова конечности. Помогает установлению диагноза измерение внутрифасциального давления, при этом значение более 30 мм рт. ст. (в норме – менее 10 мм рт. ст.) может использоваться в качестве порогового значения и говорит о необходимости хирургического лечения – фасциотомии [143]. В сомнительных случаях в пользу наличия компартмент-синдрома свидетельствует повышение уровня миоглобина и креатининкиназы [131, 162]. Следует дифференцировать компартмент-синдром с такими осложнениями послеоперационного периода, как тромбоз глубоких вен голени, газовая гангрена, рабдомиолиз, повреждения периферических сосудов и др. патологические состояния со схожими симптомами [115].

1.4. Лечение компартмент-синдрома. Особенности лечения компартмент-синдрома при блокируемом интрамедуллярном остеосинтезе большеберцовой кости

Острый компартмент-синдром считается неотложным хирургическим состоянием, поскольку без надлежащего лечения может привести к некрозу тканей и потере конечности. Известно, что уже в течение 4 часов МГИС приводит к рубцово-фиброзному перерождению мягких тканей конечностей [93], что в последующем имеет высокий риск развития контрактур с нарушением опорной функции конечности. Поскольку клинические данные варьируются и их трудно оценить количественно, измерение внутрифасциального давления (лучше непрерывное) является краеугольным камнем принятия хирургического решения [147]. При установлении диагноза компартмент-синдрома лечение следует начинать как можно раньше, так как запоздалое лечение может привести к таким осложнениям, как хронический болевой синдром, контрактура, рабдомиолиз, повреждение нервов и связанное с этим онемение и/или слабость в пораженной конечности, инфекция, потеря конечности (ампутация) [88, 135, 136]. Так, уровень инфекции области хирургического вмешательства при наличии компартмент-синдрома составляет 25% против 8% в случае его отсутствия ($p < 0,001$) [75]. Описаны летальные случаи при компартмент-синдроме, которые, главным образом, обусловлены развитием инфекции, сепсиса и полиорганной недостаточности [116, 122, 154].

После подтверждения диагноза необходима немедленная фасциотомия для снижения внутрифасциального давления [94]. Фасциотомия представляет собой хирургическое вскрытие мышечной фасции по всей длине пораженного сегмента конечности и удаление некротической ткани [72, 163]. До выполнения фасциотомии рекомендуется снять или ослабить фиксирующие повязки/пластыри, в случае их наличия; поднять конечность до уровня сердца; поддерживать нормотензию у пациента [113, 159]. Фасциотомия может проводиться открыто, полуоткрыто и

закрыто. В лечебных целях чаще всего применяется открытая фасциотомия, когда разрез кожи выполняется на всем протяжении фасции [34, 43]. По мнению одних авторов, техника фасциотомии (один разрез или два) не столь важна, если достигнута полная декомпрессия отделов пораженной конечности [135, 147]. Однако другие ученые пролагают, что выполнение двух разрезов наиболее оптимально, как более воспроизводимая методика, позволяющая легко обнажать сосуды [88]. В то же время, есть данные, что результаты фасциотомии через один и через два разреза сопоставимы [116].

Доказано, что уровень внутрифасциального давления прямо коррелирует с выраженностью боли, а фасциотомия значительно уменьшает боль (средний балл по визуальной аналоговой шкале до операции – $8,52 \pm 0,71$, после операции – $0,77 \pm 0,69$) и повышает уровень активности у пациентов с компартмент-синдромом [154]. Фасциотомия позволяет облегчить симптомы у 90% пациентов [102]. Кроме того, по данным Thabet A. M. et al. (2018), ранняя декомпрессия посредством фасциотомии не увеличивает риск инфицирования или несращения перелома ББК.

Наиболее оптимальные сроки фасциотомии – в течение 6 часов после диагностирования острого компартмент-синдрома, которые позволяют ожидать полного восстановления функции нижней конечности [95]. Через 6 часов ишемии возникает некроз, и, таким образом, 6 часов – это принятый верхний предел жизнеспособности ткани. Фасциотомия не рекомендуется после 36 часов, так как при повышенном ПФД за этот период ткани могут повредиться необратимо [86]. Выполнение фасциотомии при некрозе тканей зачастую сопровождается инфицированием, что может обусловить необходимость ампутации [124].

После выполнения фасциотомии и исчезновения отека для закрытия разреза обычно используется кожный трансплантат. Однако это может привести к косметическим и функциональным осложнениям после хирургического вмешательства. Имеются данные о положительном эффекте терапии ран после

фасциотомии отрицательным давлением, что позволяет сократить время заживления раны и уменьшить потребность в пересадке кожи [135, 145].

По данным Dubina A. G. et al. (2017) отсроченное по времени закрытие фасциотомной раны связано с повышением вероятности развития инфекции на 7% в день (95% ДИ: 0,2-13; $p < 0,05$). Поэтому важным является наблюдение пациентов после фасциотомии, что позволит предотвратить развитие таких осложнений, как инфекция, острое почечное повреждение и рабдомиолиз (Gordon W. T. et al., 2018) [136, 165]. При необходимости назначается антибиотикотерапия, анальгезирующие препараты. Возможно применение физиотерапии для предотвращения развития контрактуры и восстановления функции нижней конечности [81, 126].

Имеются данные об эффективности лечения компартмент-синдрома с помощью ультрафильтрации. Метод предполагает введение ультрафильтрационных катетеров в ткани мышечного отсека для мониторинга биохимической среды внутри тканей, при этом удаление интерстициальной жидкости приводит к снижению внутримышечного давления. В экспериментальном исследовании на трех парах задних конечностей свиньи при создании острого компартмент-синдрома внутримышечное давление после использования ультрафильтрации составило $9,3 \pm 4,0$ мм рт. ст. против $19,3 \pm 1,4$ мм рт. ст. ($p = 0,03$), а количественная оценка степени мышечного некроза выявила $6,1 \pm 2,7\%$ некроза в обработанной конечности по сравнению с $11,3 \pm 1,6\%$ некроза в контрольной группе ($p = 0,02$) [134, 147]. Однако необходимы дальнейшие исследования этого подхода.

Прогноз исхода компартмент-синдрома зависит, в основном, от того, насколько быстро заболевание было диагностировано и начато лечение [67, 135, 147]. При выполнении фасциотомии в течение 6 часов наблюдается практически 100% восстановление функции конечности, в промежуток от 6 до 12 часов могут остаться остаточные необратимое повреждение нервов, а в случае выполнения фасциотомии позднее 12 часов только две трети пациентов имеют нормальную функцию конечностей, поскольку в эти сроки уже развился некроз [67, 159].

Результаты лечения компартмент-синдрома заднего отдела голени хуже, чем исходы лечения компартмент-синдрома переднего отдела голени [102].

Фасциотомия, особенно в случае ее отсроченного выполнения, может привести к развитию осложнений в послеоперационном периоде. По некоторым данным, у одной трети фасциотомированных пациентов возникают послеоперационные осложнения, чаще всего некроз или инфекция [67, 97]. Среди других осложнений описаны гематомы, серомы, повреждение периферических нервов, тромбоз глубоких вен [145]. Существует риск рубцевания, что может обусловить деформацию нижней конечности и приводить к нарушениям функций (около 10% пациентов с МГИС), а также косметические дефекты [130]. Рецидив компартмент-синдрома встречается с частотой от 2% до 17% и может быть связан с неполным освобождением фасциальных слоев или фасциальным рубцеванием.

1.5. Профилактика компартмент-синдрома при проведении закрытого блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости

В качестве метода профилактики МГИС в послеоперационном периоде может использоваться непрерывный мониторинг внутрифасциального давления, множество ученых считают, что при однократном нормальном значении ВФД не исключает острого компартмент-синдрома, поэтому данный показатель следует контролировать серийно или непрерывно [86, 149, 156].

В научной литературе для предотвращения развития компартмент-синдрома при блокируемом интрамедуллярном остеосинтезе рекомендуется выполнять полузакрытую или закрытую профилактическую фасциотомию [34, 43].

Плоткин А. В. и соавт. (2016) изучили исходы БИОС у 93 пациентов с диафизарными переломами ББК. У 66 больных (71%) выполняли классический остеосинтез, у 27 (29%) - проводилась полузакрытая декомпрессирующая фасциотомия голени. Профилактическую декомпрессирующую фасциотомию всех 4

футляров выполняли с помощью доступов для БИОС ББК, без выполнения дополнительных доступов. В послеоперационном периоде по результатам исследования, не выявлено случаев МГИС.

Тихоненко А. А. и соавт. (2022) проанализировали данные 119 пациентов с диафизарными переломами ББК, которым выполнен закрытый блокируемый остеосинтез ББК. По классической методике остеосинтез выполнен в 84 случаях (71%), а в 35 случаях (29%) проводили закрытую профилактическую фасциотомию голени. При проведении закрытой фасциотомии футляров голени уровень подфасциального давления был достоверно ниже, чем при выполнении блокируемого остеосинтеза ББК без декомпрессии фасциальных футляров. Клинических признаков компартмент-синдрома не было. Параметры ПФД позволили авторам заключить, что обязательно декомпрессия переднелатерального и латерального футляров, но не поверхностного фасциального и заднего глубокого футляра.

Ранее С. С. Страфун и А. В. Ткач (2014) предложили математический алгоритм прогнозирования риска развития компартмент-синдрома при БИОС переломов ББК, с помощью оценки ряда прогностических факторов в баллах. На основании полученных данных были выделены пациенты сниженного риска, среднего риска и повышенного риска развития компартмент-синдрома. Авторами предложен алгоритм профилактики МГИС. Использование данного алгоритма позволяет избежать развития тяжелых ишемических изменений тканей у 89% пациентов с переломами ББК.

Еще одним методом профилактики компартмент-синдрома может служить ультрафильтрация. В проспективном пилотном исследовании 10 пациентам с переломом ББК был введен экспериментальный комбинированный катетер для мониторинга давления/ультрафильтрации тканей. Выявлено достоверное снижение внутримышечного давления по сравнению с исходным, ни одному пациенту не потребовалась фасциотомия и не развился компартмент-синдром [134, 147].

В соответствии с методикой профилактики МГИС С. С. Страфун и А. В. Ткач (2014), выделяется 3 группы развития МГИС:

- в группе сниженного риска не показано проведение профилактической фасциотомии;
- в группе среднего риска проводится профилактическая закрытая фасциотомия в переднелатеральном и латеральном футлярах голени;
- в группе повышенного риска проводится фасциотомия всех футляров голени.

Важно понимать, что многие специалисты считают, что большинство методов лечения и профилактики острого компартмент-синдрома нуждаются в улучшении. Несмотря на то, что рекомендации по этой проблеме существуют, их эффективность не всегда подтверждена научно. Кроме того, научные исследования, посвященные данной теме, часто страдают от низкого качества данных, что делает необходимым проведение дальнейших исследований в этой области.

Многие специалисты высказывают мнение, что необходимо уделить больше внимания разработке новых методов лечения и профилактики острого компартмент-синдрома. Однако, нельзя забывать о важности проведения качественных исследований для подтверждения эффективности данных методов. Результаты таких исследований могут значительно повлиять на практику лечения данного заболевания.

Из-за отсутствия достаточных доказательств эффективности многих рекомендаций по лечению и профилактике острого компартмент-синдрома, становится ясной необходимость более глубоких исследований в этой области. Новые данные и подходы могут привести к значительному улучшению результатов лечения пациентов с этим состоянием (Glass G. E. et al., 2016) [135, 147].

ГЛАВА 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИНИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Базовым принципом исследования было установлено соответствие Хельсинкской Декларации в качестве основы этических принципов. Вся деятельность медицинских работников, включая врачей, лаборантов, медицинских сестер при проведении медицинских научных изысканий с субъектом, представленным пациентом, должна была полностью соответствовать принятым принципам морали и этики. В качестве обязательных к исполнению этических правил ориентировались на общепринятую в медицинском мире этическую декларацию, впервые опубликованную на ассамблее ассоциации медицинских работников в Хельсинки в 1964 году «Этические принципы медицинских исследований с привлечением человека». Декларация регулярно дополнялась и изменялась, последние изменения были приняты на 59-й Генеральной Ассамблее медицинской ассоциации, в Сеуле в октябре 2008 года.

2.1. Общая характеристика клинических наблюдений

В настоящем исследовании проводился анализ результатов лечения диафизарных переломов ББК у 93 пациентов. Всем пациентам на базе ортопедо-травматологического отделения ГБУЗ РК «Больница скорой медицинской помощи № 6 г. Симферополя» проведен БИОСВ. В нашем исследовании пациенты были поделены на 2 группы.

1 группа – пациенты, которым выполнялась фасциотомия – 48 человек.

2 группа – пациенты, которым не выполнялась фасциотомия – 45 человек.

Распределение пациентов по полу и возрасту представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Распределение пациентов по полу и возрасту

Возраст	Основная группа (с фасциотомией) n = 45		Контрольная группа (без фасциотомии) n = 48		Итого n = 93
	Муж. (%)	Жен. (%)	Муж. (%)	Жен. (%)	Всего (%)
18-44	9 (20)	-	9 (18,75)	1 (2)	19 (20,4)
45-59	21 (46,7)	6 (13,3)	23 (47,9)	8 (16,6)	58 (62,3)
60 и старше	7 (15,5)	2 (4,5)	4 (8,3)	3 (6,2)	16 (17,2)
Всего	37 (82,2)	8 (18,8)	36 (75%)	12 (25%)	93 (100)

Нами не получено достоверной разницы между группами по возрастному показателю. Средний возраст пациентов в основной группе составил $45 \pm 3,4$ года, в контрольной группе $44,5 \pm 4,1$ года. Как следует из представленных данных, в обеих группах подавляющее большинство составляли мужчины – 80,2% (73 пациента, в общем), группа женщин была значительно меньшей – 31,5% (20 человек), при этом наибольшее число пациентов находились в трудоспособном возрасте — 58 (62,37%).

В большинстве случаев (87,1% – 81 случай) применялись металлоконструкции ChM, в 11,8% (11 больных) – фиксатор Блискунова, и у 1 пациента (1,1%) – металлоконструкцию Stryker (Таблица 2.2).

Для наглядности количество фиксаторов, применяемых нами с различными диаметрами представлено в виде диаграммы (Рисунок 2.1).

На рисунке 2.1. видно, что наиболее часто для выполнения БИОС использовали фиксаторы с диаметром 9 и 10 мм, показавшие наивысшую эффективность. Использование фиксаторов с диаметром 10–12 мм зачастую требовало расточки костномозговой полости, что позволяло достичь лучшей фиксации и более успешного результата лечения.

Таблица 2.2 - Диаметры интрамедуллярных фиксаторов, применяемых для БИОС большеберцовой кости

Диаметр фиксатора	Количество фиксаторов (n = 93)	
	Абс.	%
8	4	4,30
9	30	32,27
10	56	60,21
11	1	1,07
12	2	2,15
Всего	93	100,0

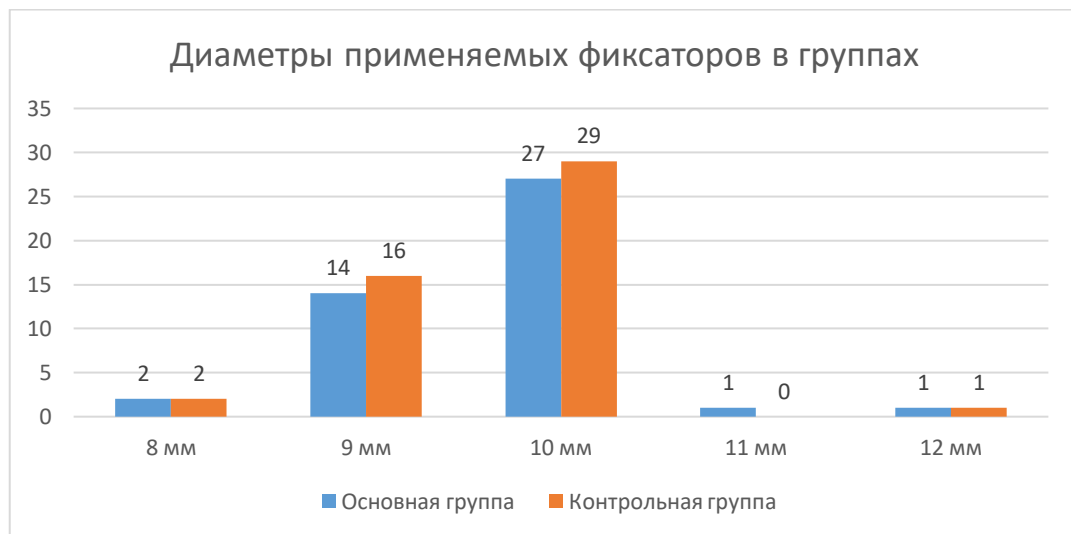


Рисунок 2.1 - Сравнение диаметров применяемых интрамедуллярных фиксаторов для синтеза большеберцовой кости в группах

Исследования также показали, что меньшие по размеру фиксаторы могут быть более удобны в применении и обеспечивать более точную фиксацию. Однако, при выборе размера фиксатора необходимо учитывать индивидуальные особенности пациента и характер повреждения. Важно подходить к этому вопросу индивидуально и с учетом всех аспектов лечения и реабилитации.

Таким образом, выбор оптимального диаметра фиксатора для проведения блокирующего интрамедуллярного синтеза играет ключевую роль в успешности лечения и восстановления пациента. Всегда следует ориентироваться на научные исследования и практические навыки специалистов, чтобы добиться наилучших результатов в медицинской практике.

Исходя из антропометрических данных пациентов, было принято решение о применении фиксаторов большого диаметра (10–11–12 мм) в случае, когда диаметр костномозговой полости ББК был значительным ($n=2$, 2,15%). В таких ситуациях, необходимо было подбирать соответствующие диаметры для обеспечения стабильного контакта между фиксатором и костью. В противоположном случае, если диаметр стержней был меньше диаметра костномозговой полости, нагрузка на фиксатор, который временно замещал диафиз при заживлении перелома, распределялась неравномерно между стенками фиксатора и БВ, или на фиксатор в зоне технологического отверстия для БВ.

В целях предотвращения возможного излома фиксатора, было принято решение провести расточку костномозговой полости для лучшей возможности установки интрамедуллярного фиксатора большого диаметра. Это связано с тем, что максимальная нагрузка сосредотачивается в слабых зонах фиксатора, что может привести к его разрушению. Другим фактором, приводящим к увеличению диаметра фиксатора, является синтез большеберцовой кости при отсутствии заживления или формирования ложного сустава, что приводит к удлинению времени заживления перелома в два раза.

Благодаря проведенным нами мероприятиям, удалось предотвратить возникновение изломов в металлических конструкциях из-за усталости. Важно отметить, что после наших действий не было замечено никаких осложнений.

Блокирование интрамедуллярного фиксатора часто выполнялось в различных частях кости. Из 93 случаев, в 82 (88,2%) блокирование между дистальной и проксимальной частями выполняли в соотношении 2:1. Дистальный сегмент

(исключая 20 пациентов), фиксировали 2 винтами. В 7 (7,53%) (переломы верхней трети/граница средней и верхней трети кости) выполняли блокирование 1 винтом. При переломах ББК в нижней трети диафиза (4 пациента, 4,30%) дистальное блокирование выполняли 3 винтами.

Дистальное блокирование у подавляющего большинства пациентов (81 случай – 87,1%) осуществляли при помощи 1 винта. У 11 пациентов (11,83%) из оставшихся 12 случаев дистальное блокирование осуществлялось двумя винтами, а только у одного пациента (1,07%) - тремя винтами. При линии перелома в верхней трети диафиза ББК, выполнялось блокирование 2 или 3 винтами.

Синтез ББК оптимально проводить фиксаторами с 300-345 мм. В данном исследовании применяли интрамедуллярные фиксаторы длиной 250-390 мм (Рисунок 2.2).

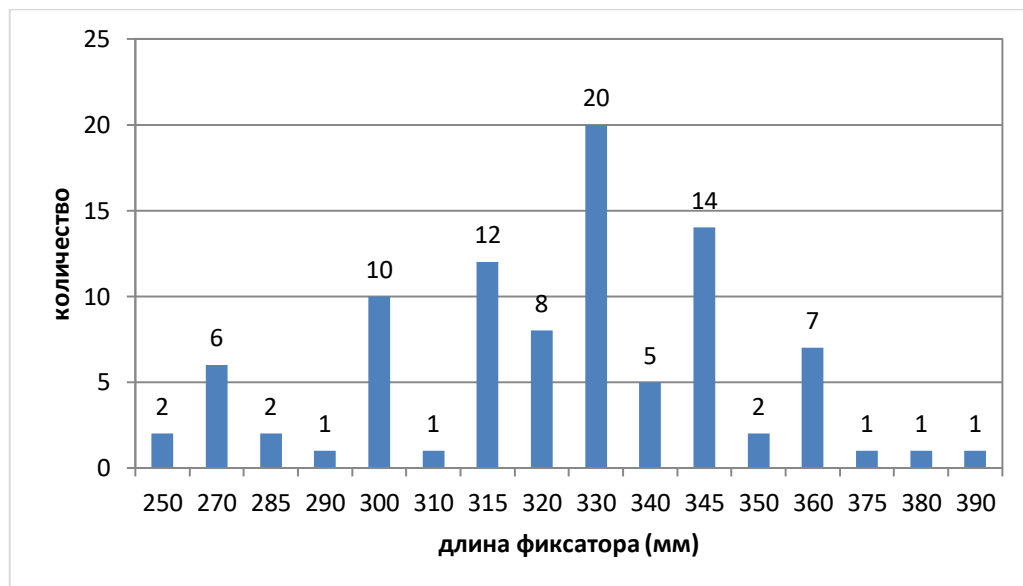


Рисунок 2.2 - Распределение интрамедуллярных фиксаторов по длине

В основной группе, использовались полузакрытая и закрытая фасциотомии, предложенные как наиболее эффективные способы. Полузакрытую фасциотомию осуществляли с разрезом кожи в верхней части голени, а фасцию в средней и нижней частях голени рассекали с помощью фасциотома подкожно.

Для введения фасциотома и выполнения манипуляций кожа разрезается, чтобы обеспечить доступ к декомпрессии заднего поверхностного и глубокого футляров. Имплантация проксимального блокирующего винта производится через технологический разрез длиной 1,0-1,5 см. Длина доступа к технологическому отверстию для имплантации интрамедуллярного фиксатора составляет 5-7 см.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлен фасциотом для выполнения полузакрытых и закрытых фасциотомий.



Рисунок 2.3 - Фасциотом. Общий вид



Рисунок 2.4 - Рабочая часть фасциотома

По классификации АО/ASIF всех пациенты были распределены по типу перелома (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Распределение пациентов с переломами диафиза большеберцовой кости по типу перелома по классификации АО/ASIF

Группы наблюдения	Тип перелома ББК по классификации АО/ASIF (n = 93)								
	A (n = 17)			B (n = 57)			C (n = 19)		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Основная	0	1	6	11	13	5	5	2	2
Контрольная	0	3	7	8	14	6	6	1	3
Всего	0	4	13	19	27	11	11	3	5

Из таблицы 2.3 следует, что категория А выявлена у 17 больных (18,3%). Наибольшее число переломов зафиксировано в группе тяжелых повреждений (81,7%) категории В и С – 61,3% и 20,4% соответственно. Именно группах В и С,

согласно предыдущим исследованиям, существует максимальный риск развития компартмент-синдрома [21, 41].

2.2. Методы исследования

В данном исследовании применялись такие методы, как: клинический, определение подфасциального давления при помощи серийного аппарата Stryker, рентгенологический, КТ и МРТ, электромиографический, ультразвуковой и статистический.

2.2.1. Клинико-лабораторный и физикальный методы

В объем исследования входило изучение жалоб больного, установление обстоятельств и механизма травмы, а также сбор необходимых данных о перенесенных заболеваниях, наличии аллергических реакций и т. д. Во время обследования больных с переломами ББК на стационарном этапе оценивали интенсивность болевого синдрома, наличие ран с изучением бактериальной контаминации, цвет кожных покровов, наличие подкожного кровоизлияния и его распространение, выраженность отека и напряжения мягких тканей (измерение периметра травмированного сегмента), деформацию травмированных сегментов конечностей, выявление участка максимальной пальпаторной болезненности, местную гипертермию, наличие неврологической симптоматики и расстройств периферического кровообращения.

Клиническую оценку травматологического статуса определяли по классическим схемам и методикам.

Биохимические показатели крови определяли с помощью анализатора, характеризующегося высокой производительностью – 400 фотометрических тестов за час и возможностью выполнения до 60 тестов одновременно, 22 *in cito*. Эта биохимическая система полностью автоматическая и управляется с интерфейса

компьютера. В анализаторе установлены автоматические детекторы уровня плотности и наличия сгустков, система предупреждения столкновений. Объем пробы составляет 1- 25 мкл, реагентов – 10-250 мкл, реакционной смеси – 90-350 мкл.

Бактериологическое исследование выполнили 17 пациентам основной группы и 37 пациентам контрольной группы с диафизарными переломами большеберцовой кости. Кроме этого, бактериологическое исследование выполняли пациентам, у которых развились инфекционные осложнения (свищи, инфицированные раны). Этим больным на стационарном и реабилитационном этапах восстановительного лечения выполняли качественное и количественное исследование, определяя видовой состав микрофлоры и степень микробной контаминации. После определения вида микроорганизмов устанавливали чувствительность к антибактериальным препаратам методом дисков.

2.2.2. Оценка функционального состояния

В обеих группах проводили оценку интенсивности болевого синдрома больных с переломами ББК, которая определялась пациентом по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) боли и ее эквивалентом в виде цифровой рейтинговой шкалы в сочетании с категориальной вербальной шкалой, включавшей четыре критерия: боль отсутствует, незначительная периодическая боль, ощутимая, однако терпимая боль, тяжелая нестерпимая боль. Субъективно чувство боли оценивали пациенты по 11 пунктам цифровой рейтинговой шкалы от 0 (боль отсутствует) до 10 (нестерпимая боль, которую только можно представить): нет боли – 0 пунктов (25 баллов); незначительная боль – от 1 до 3 пунктов (15 баллов); боль умеренная, однако терпимая – от 4 до 6 пунктов (5 баллов), тяжелая нестерпимая боль – от 7 пунктов и выше (0 баллов).

Интенсивность болевого синдрома определяли в покое и во время физической нагрузки (ходьбы, выполнении движений в смежных суставах травмированных сегментов конечностей).

Объем движений в суставах конечностей пациентов проводили с помощью ангулометрии. Гемодинамические показатели оценивали, измеряя артериальное давление и пульс (частота сердечных сокращений, ЧСС) и их изменений на занятиях до и после физических нагрузок (изменение положения тела в постели, вертикализация, ходьба с помощью костылей, ходунков и др.).

На стационарном этапе выполняли ортостатическую пробу и определяли ЧСС в процессе перехода из положения лежа в положение стоя. Пробу считали неудовлетворительной, если ЧСС увеличивалась на пульсе на 20 ударов в минуту по сравнению с предварительным измерением в покое.

Показателей внешнего дыхания измеряли и на стационарном, и на реабилитационном этапах. На стационарном этапе проводили пробу Штанге. Больным рекомендовали сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, а затем, сделав полный вдох, задержать дыхание. При этом определяли время от момента задержки дыхания до начала следующего вдоха.

На специализированном и санаторном этапах восстановительного лечения пациентов проводили спирометрию, входившую в комплекс инструментальных обследований в базовых программах медицинской реабилитации. Исследования проводились на спирографе, при этом определяли жизненную емкость легких (ЖЕЛ). Ее сравнивали с истинной ЖЕЛ, которую вычисляли по уравнению Людвиг, по формуле 2.1:

$$\text{ЖЕЛ} = \frac{\text{фактическая ЖЕЛ}}{\text{должная ЖЕЛ}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где – ЖЕЛ – жизненная емкость легких.

У функционально состоятельных пациентов ЖЕЛ колеблется в среднем от 4000 до 6000 мл.

2.2.3. Рентгенография

Рентгенологическое обследование проводили всем пациентам. Для подтверждения диагноза выполняли рентгенографию голени в 2-х проекциях: прямой и боковой с захватом смежных суставов.

Исследования выполнено на рентгеновской цифровой диагностической системе с дистанционным управлением, преимуществами которой является возможность получения рентгенологических снимков высокого качества в цифровом формате. Максимальное напряжение на рентгеновской трубке составляет 150 кВ; фокусное пятно – 0,6/0,8 мм; максимальная мощность – 40/96 кВт, тепловая емкость анода – 300 кНУ.

Участки конечности внутрительного объема изучали с использованием усилительных экранов, уменьшая при этом напряжение и экспозицию на 25- 30% в сравнении с рентгенограммами костей этой зоны. Всем больных с переломами ББК на момент госпитализации и в динамике проводили рентгенографию поврежденных сегментов в двух проекциях.

2.2.4. Компьютерная томография

Компьютерная томография выполнялась лишь при подозрении или наличии внутрисуставных переломов, позволяя уточнить показания к БИОС. Компьютерную томографию проводили на 64-разрезном компьютерном томографе с целью определения характера внутрисуставных повреждений костей. Кроме этого, аппарат позволяет выполнить КТ в режиме ангиографии.

2.2.5. Ультрасонография

Ультразвуковая доплерография сосудов нижних конечностей проведена в основной группе с целью изучения кровотоков и выявления осложнений. Кроме этого, обследовали пациентов из группы риска, как правило, перед проведением остеосинтеза, а также при наличии выраженного отека нижней конечности.

2.2.6. Измерение подфасциального давления

Клинически МГИС проявлялся болью, которая не уменьшается после иммобилизации и незначительно уменьшается даже при применении анальгетиков, а в участке повреждения – изменением цвета кожи и местной температуры. Больные жаловались на чувствительные нарушения (парестезия, гипостезия, анестезия). Для диагностики компартмент-синдрома у больных с переломами ББК измерения осуществляли в фасциальных футлярах травмированных сегментов конечностей.

Для определения степени тяжести компартмент-синдрома использована классификация С. С. Страфуна (1991), которую можно применить в соответствии с особенностями повреждений на сегментах конечностей. Согласно этой классификации компартмент-синдром, встречающийся при повреждении бедра и голени, разделили на три ступени в зависимости от подфасциального давления:

- легкий – 40–50 мм рт. ст.;
- средний – 50–80 мм рт. ст.;
- тяжелый – более 80 мм рт. ст.

Подфасциальное давление определяли с помощью контактного манометра. К прибору присоединяли одноразовый шприц, который заполняли стерильным физиологическим раствором и специальной одноразовой инъекционной иглой или полихлорвиниловым индивидуальным катетером одноразового использования (определение подфасциального давления в динамике) (Рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Серийно выпускаемый прибор для измерения подфасциального давления Stryker

Методика определения подфасциального давления не сложна и требует только предварительного местного обезболивания места укола в проекции изучаемого футляра. После сбора прибора заполнение шприца с иглой физраствором, нажали кнопку ON – включая прибор и кнопку ZERO – на мониторе появлялась цифра 0, что свидетельствовало о готовности прибора для измерения. После этого инъекционную иглу прибора вводили под фасцию соответствующего футляра бедра или голени. С помощью шприца, соединенного с прибором, медленно нагнетали 0,3 мл физиологического раствора под фасцию (для выравнивания давления с интерстициальной жидкостью) и через 10 – 15 с регистрировали числовые результаты измерения, которые были видны на экране монитора. Измерения в каждом из футляров выполняли минимум дважды, для избегания получения ошибочных результатов. При введении иглы под фасцию она должна быть на одном уровне с прибором – во избежание возможной погрешности измерения. Для измерения подфасциального давления в динамике использовали индивидуальный катетер, которым заменяли иглу (но его использование возможно только в течение 24 часов). При этом прибор также должен быть прикреплен к конечности на уровне введения под фасцию катетера.

Риск развития МГИС прогнозировали по шкале, разработанной С. С. Страфуном и А. В. Ткачом (2014) (Таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Балльное прогнозирование развития течения компартмент-синдрома

№	Критерии оценки	Баллы
1	Электротравма или циркулярные ожоги, занимающие более 2/3 и более диаметра сегмента	100
2	Высокоэнергетическая травма	30
3	Травматический шок	10
4	Повреждение двух конечностей, патология двух сегментов одной конечности	5 10
5	Локализация повреждения: дистальный метаэпифиз плеча, перелом обеих костей предплечья, проксимальный метаэпифиз большеберцовой кости, переломы лодыжек с вывихом стопы, множественные переломы костей стопы	30
6	Время, через которое пациент обратился за медицинской помощью после травмы	До 1-го часа – 0 3-6 часов – 5 баллов 7-24 часа – 15 баллов Более суток – 30 баллов
7	Использование кровоостанавливающих жгутов (на этапе догоспитальной помощи, интраоперационно)	10 баллов При увеличении времени пребывания жгута до 4-х часов – 40 баллов, при увеличении данного срока свыше 4-х часов – 70 баллов

Продолжение таблицы 2.4

№	Критерии оценки	Баллы
8	Отсутствие адекватной транспортной иммобилизации	10
9	Функциональная нагрузка на поврежденную конечность	30
10	Осложненный перелом с повреждение магистральных сосудов	90
11	Синдром сдавления конечности	90
12	Кратковременное сдавление с наличием нескольких переломов сегмента	90
13	Повреждение магистральных сосудов – при восстановлении повреждения конечности более 7 часов	50 90
14	По уровню подфасциального давления:	20-30 мм.рт.ст. – 30 Свыше 30 мм.рт.ст. – 50 Превышающее диастолическое – 100
15	По уровню аэроионных проб	Повышение CO ₂ , H ₂ S; снижение O ₂ , эндогенного спирта – 10 баллов. Повышение NH ₃ – 10 баллов

Балльное прогнозирование развития течения компартмент-синдрома осуществляется по диапазону, представленному в таблице 2.5, 2.6.

Таблица 2.5 – Балльное прогнозирование развития течения компартмент-синдрома

Признак	Информационная группа	Коэффициенты	
		Прогностические	Информативности
Возраст (лет)	До 20	+ 18	2,7
	21 – 50	+ 2	
	Старше 50	-21	
Причина травмы	Плановые операции	-34	3,9
	Инфицирование раны	+8	
	Электротравма	+45	
	Ожоги	+52	
	Другие травмы	+14	
Уровень систолического АД (мм рт. ст.)	До 120 (или шок)	+22	2,1
	120-140	-15	
	>140	-5	
Количество поврежденных сегментов	1 конечность 1 сегмент	-17	1,3
	1 конечность 2 сегмента	+9	
	2 конечности	+4	
Срок обращения за медицинской помощью	До 1 ч	-22	3,7
	1–6 ч	+4	
	7–24 ч	+16	
	более 24 ч	+26	

Продолжение таблицы 2.5

Признак	Информационная группа	Коэффициенты	
		Прогностические	Информативности
Использование кровоостанавливающих жгутов (длительность)	До 1 ч	-12	1,9
	1–4 ч	+14	
	Более 4 ч	+40	
Транспортная иммобилизация	Отсутствие	+16	0,8
	Наличие	-20	
Функциональные нагрузки на поврежденную конечность	Нет	-13	1,4
	Есть	+15	
Повреждение магистральных сосудов (длительность)	Нет	-25	4,0
	До 2 ч	-8	
	2-6 ч	+6	
	Более 6 ч	+47	
Наличие сдавления тканей	Нет	-29	2,0
	Кратковременное	-9	
	Синдром длительного сдавления	+32	
Уровень подфасциального давления (мм. рт. ст.)	До 20	-22	5,1
	20–30	+8	
	Более 30	+27	

Продолжение таблицы 2.5

Признак	Информационная группа	Коэффициенты	
		Прогностические	Информативности
Аэроионные пробы	Норма	-34	6,5
	Повышение CO ₂	+5	
	Повышение H ₂ S	+9	
	Повышение NH ₃	+65	
	Снижение O ₂	+12	

Таблица 2.6 - Диапазон прогнозирования развития компартмент-синдрома

Группы риска	Баллы
сниженного	От -120,0 до - 50
среднего	От – 49,9 до +30
повышенного	От + 30,1 до +100

Данная классификация позволяет сформировать группы промежуточного состояния, и более дифференцированно планировать лечение (Таблица 2.7, 2.8).

Таким образом, на дооперационном периоде оценивались риски развития и прогнозируемая тяжесть МГИС.

Таблица 2.7 - Порядок измерения подфасциального давления

1 этап	Перед началом оперативного вмешательства
2 этап	После обработки технологического канала в кости для имплантации интрамедуллярного фиксатора с обязательной расточкой костномозговой полости
3 этап	После имплантации внутрикостного фиксатора
4 этап	После завершения операции, ушивания кожных ран
5 этап	Через сутки после оперативного вмешательства (по показаниям)

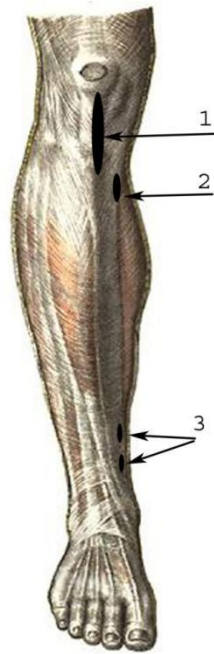
Таблица 2.8 - Дизайн исследования

66 Пациентам выполнены операции по классической технологии БИОС	27 Пациентам выполнен БИОС с выполнением профилактической полужакрытой фасциотомии
<p>Методы исследования:</p> <p>Клинический осмотр</p> <p>Измерение ПФД</p> <p>Инструментальные методы (УЗ, КТ, МРТ, Рентгенография)</p> <p>↓</p> <p>Статистическая обработка для малых выборок (достоверность), математический анализ</p>	

2.3. Методика выполнения профилактической полужакрытой фасциотомии при выполнении блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза диафиза большеберцовой кости

В основной группе проводили профилактическую полужакрытую фасциотомию всех 4-х футляров голени, которую выполняли из операционных

доступов для имплантации фиксатора (Рисунок 2.6), не меняя технику закрытого интрамедуллярного остеосинтеза ББК.



1 - доступ для имплантации стержня, 2 - доступ для имплантации проксимального БВ (количество проксимальных блокирующих винтов может варьировать от 1 до 4), 3 - доступ для имплантации дистального БВ (количество дистальных блокирующих винтов может варьировать от 1 до 4)

Рисунок 2.6 - Стандартные доступы для имплантации блокирующего фиксатора

Наиболее часто дистально фиксатор блокируют с помощью двух винтов, с объединением операционных доступов, что существенно упрощает выполнение фасциотомии. Фасциотомии проводятся либо ножницами, либо специальным фасциотомом.

Для успешной реализации декомпрессии переднелатерального костно-фасциального футляра (КФФ) с дальнейшей имплантацией стержня требуется выбор оптимального метода. Один из таких методов - полужакрытая фасциотомия, которая

отличается от открытого подхода небольшим разрезом. Этот прием обеспечивает ясную визуализацию фасциальных листов и удобное введение инструментов.

Проведение полузакрытой фасциотомии позволило не повредить подкожные вены и привело к существенному снижению повреждений мягких тканей. Также в ходе оперативного вмешательства при данном методе обеспечивается эффективный контроль проведения фасциотомии.

Фасциотомию начинают с разреза фасции ниже уровня шейки МБК на 2-3 см для декомпрессии переднелатерального канала, что позволяет успешно имплантировать стержень и понизить риски послеоперационных осложнений (Рисунок 2.7).

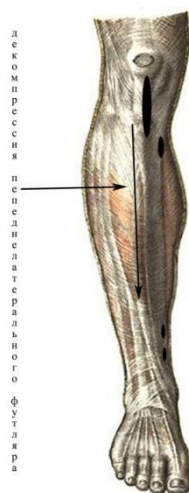


Рисунок 2.7 - Декомпрессия переднелатерального КФФ

Декомпрессионную фасциотомию латерального КФФ проводили, смещаясь на 2 см латеральнее МБК и 2 см дистальнее шейки МБК (Рисунок 2.8).

Декомпрессию заднего поверхностного и заднего глубокого КФФ проводили из доступа для проксимального блокирования. Осуществляли фасциотомию заднего поверхностного КФФ, с особым вниманием к большой подкожной вене. Разрез фасции проводили параллельно краю ББК и кзади (Рисунок 2.9).

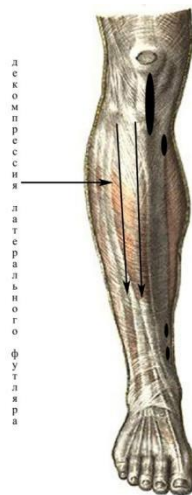


Рисунок 2.8 - Декомпрессия латерального КФФ

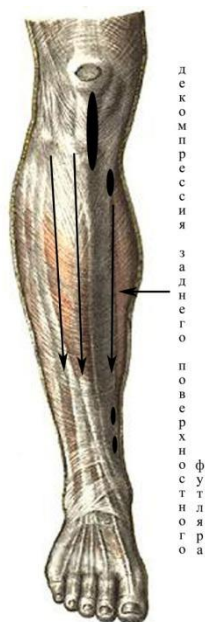


Рисунок 2.9 - Место и направление декомпрессии заднего поверхностного футляра

В завершении осуществляли полузакрытую декомпрессию заднего глубокого футляра из параллельного разреза, с отступом на 2 см кзади от линии фасциотомии поверхностного заднего футляра (Рисунок 2.10).

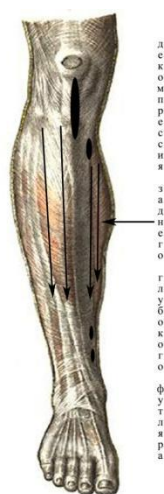


Рисунок 2.10 - Декомпрессия заднего глубокого футляра

Эффективность декомпрессии повышали путем имплантации БФ через технологические отверстия в 4 футлярах голени. Благодаря чему, не только снижали необходимость в дополнительных хирургических доступах, но и сокращали протяженность процедуры. По мнению С. С. Страфуна (2014), такой подход можно отнести к полужакрытому способу фасциотомии, с использованием специальных фасциотомом (Рисунок 2.11, 2.12), ножниц с браншами от 10-15 см.



Рисунок 2.11 - Фасциотом для выполнения полужакрытых и закрытых фасциотомий



Рисунок 2.12 - Фасциотом. Устройство режущей части позволяет рассечь фасцию, не травмируя мягкие ткани

В настоящем исследовании для декомпрессии футляров, фасциотомия являлась основным методом, позволяющим успешно закрыть футляры. Тогда как использование других методов может обуславливать неправильные разрезы вдоль фасции или разрезы других футляров (Рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Кривая изменений показателей подфасциального давления футляров голени

2.4. Статистические методы

Исследуемые группы больных с переломами ББК отличались по методам остеосинтеза, что соответственно являлось критерием формирования групп исследования.

Первичная персонифицированная база сформирована в Excel. Для статистической обработки в качестве основного программного обеспечения использовался лицензионный пакет статистического анализа данных «Statistica 10.0».

Для статистического анализа результатов применяли методы вариационной статистики: оценка частотных характеристик показателей для качественных параметров (Р) и средних величин для количественных данных (средней арифметической – \bar{X}), анализ их вариабельности (среднее квадратическое отклонение – σ). Также определяли среднюю погрешность изучаемых показателей (m) с оценкой 95% доверительного интервала.

При сравнительном анализе частотных характеристик оценивали значимость различий сравнением пропорций (Z-критерий) и применяя критерий Хи-квадрат (χ^2). Количественные показатели сравнивали, используя Т-критерий и критерий Вилкоксона-Манна-Уитни (U).

Нами определена диагностическая (прогностическая) значимость отдельных клинических параметров для прогнозирования риска возникновения МГИС, рассчитано отношение шансов и 95% доверительный интервал.

Все полученные данные сравнивали при заданном предельном уровне погрешности первого рода (α) не выше 5 % ($p < 0,05$); статистическая значимость не ниже 95%. На этапе планирования исследования предельный уровень погрешности второго рода (β) оценивали на уровне не выше 20%, что обеспечивало уровень мощности исследования и полученных результатов на оптимальном уровне – не ниже 80%.

ГЛАВА 3
РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ
В ОСНОВНОЙ И КОНТРОЛЬНОЙ ГРУППАХ

3.1. Непосредственные результаты лечения перелома большеберцовой кости без проведения фасциотомии

Для наглядности наблюдаемых осложнений ниже в виде таблицы представлено число наблюдаемых нами осложнений в контрольной группе исследуемых пациентов (Таблица 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 – Осложнения, выявленные при интрамедуллярном металлостеосинтезе диафиза большеберцовой кости в контрольной группе

Виды осложнений	Число наблюдений	
	Абс.	(%)
Интраоперационные	50	6,2
Местные	25	3,1
кровотечение из крупных сосудов	3	4,5%
повреждение нервных стволов	1	0,5
перелом диафиза большеберцовой кости	3	0,4
другие	6	0,7
Общие	25	3,1
сердечно-сосудистая недостаточность	10	1,2
осложнения со стороны центральной нервной системы	4	0,5

Продолжение таблицы 3.1

Виды осложнений	Число наблюдений	
	Абс.	(%)
Послеоперационные осложнения	143	17,8
местные	118	14,7
гематома	34	4,2
поверхностная ИОХВ (в течение 12 мес)	31	3,9
Компартмент-синдром	23	2,9
глубокая ИОХВ (в течение 12 мес.)	10	1,2
общие	25	3,1
со стороны сердечно-сосудистой системы	10	1,2
осложнения со стороны центральной нервной системы	2	0,3
Всего осложнений	193	24
Всего пациентов с осложнениями	106*	13,2
Всего больных	803	100

Таблица 3.2 – Осложнения, выявленные при интрамедуллярном металлостеосинтезе диафиза большеберцовой кости в исследуемой группе

Виды осложнений	Число наблюдений	
	Абс.	(%)
Интраоперационные	50	6,2
Местные	25	3,1
кровотечение из крупных сосудов	3	4,5%
повреждение нервных стволов	1	0,5
перелом диафиза большеберцовой кости	3	0,4
другие	6	0,7

Продолжение таблицы 3.2

Виды осложнений	Число наблюдений	
	Абс.	(%)
Общие	25	3,1
сердечно-сосудистая недостаточность	10	1,2
осложнения со стороны центральной нервной системы	4	0,5
Послеоперационные осложнения	143	17,8
местные	118	14,7
гематома	34	4,2
поверхностная ИОХВ (в течение 12 мес)	31	3,9
Компартмент-синдром	23	2,9
глубокая ИОХВ (в течение 12 мес.)	10	1,2
общие	25	3,1
со стороны сердечно-сосудистой системы	10	1,2
осложнения со стороны центральной нервной системы	2	0,3
Всего осложнений	193	24
Всего пациентов с осложнениями	106*	13,2
Всего больных	803	100

3.2. Результаты проведения фасциотомии в основной группе

В основной группе всем пациентам проводили профилактическую декомпрессию переднелатерального и латерального футляра. Этот процесс наиболее удобно проводить через доступ, который используется при имплантации стержня. (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Доступ для имплантации интрамедуллярного фиксатора и для фасциотомии переднелатерального и латерального футляров

Фасциотомия задних футляров проводится из доступа для имплантации проксимального БВ (Рисунок 3.2, 3.3 а, б).



Рисунок 3.2 - Доступ для имплантации проксимального БВ и фасциотомии заднего поверхностного и заднего глубокого футляров



Рисунок 3.3 - Доступ для имплантации дистального БВ (а) и фасциотомии заднего поверхностного и заднего глубокого футляров в проксимальном направлении (б)

Важно подчеркнуть, что именно навыки и опыт хирурга определяет успешность декомпрессии задних футляров. Точное определение топографического расположения и правильный выбор инструментов существенно влияют на исход операции.

Безусловно, предварительная подготовка, внимательное изучение пациента и его особенностей, а также владение техниками декомпрессии являются основой для эффективного лечения и минимизации риска осложнений.

В области операции возникает потеря мышечной силы из-за инфекций и рубцово-фиброзного перерождения мягких тканей в послеоперационном периоде. Профилактические закрытые фасциотомии при БИОС ББК помогают избежать компартмент-синдрома. Возможны как ранние, так и поздние осложнения, включая некроз и остеомиелит. Важно помнить об этом.

Осложнения после операции могут быть разнообразными и требуют внимательного наблюдения. Несвоевременное обращение за помощью в случае возникновения осложнений может усугубить ситуацию и затянуть процесс выздоровления. Важно помнить, что профилактика инфекционных осложнений и

своевременное лечение являются ключевыми моментами в послеоперационном периоде. Необходимо соблюдать все рекомендации врачей и следить за состоянием раны, чтобы избежать серьезных осложнений.

При выполнении операции БИОС после закрытой репозиции следует обязательно учитывать возможные ранние и поздние осложнения (несращения, остеомиелиты, снижения функциональных характеристик оперированной конечности).

Таким образом, вышеизложенное подтверждает эффективность проведения фасциотомии футляров голени во время проведения БИОС большеберцовой кости с целью профилактики МГИС.

Для наглядности сравнения данных, изображены показатели подфасциального давления переднелатерального футляра на рисунке 3.4.

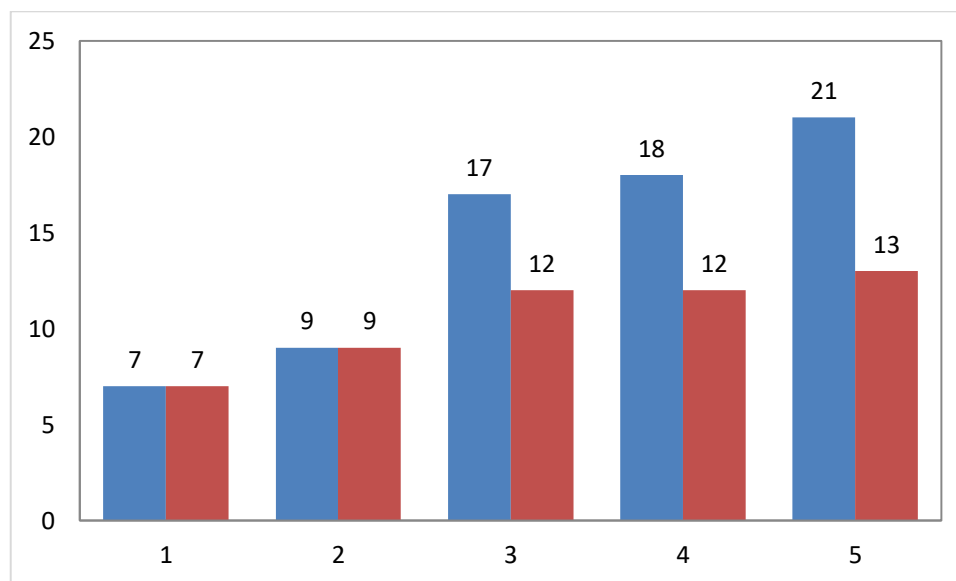


Рисунок 3.4 - Динамика изменений ПФД переднелатерального футляра голени в основной и контрольных группах

На рисунке 3.4 представлена динамика изменений ПФД переднелатерального футляра голени в исследуемой и контрольных группах. По оси X указаны 5 этапов измерения ПФД. По оси Y – указан уровень ПФД, выраженный в мм. рт. ст.

Наглядно видно, что уровень ПФД в контрольной группе растет по нарастанию этапов исследования. Ряд 1 – контрольная группа, без декомпрессии футляра; Ряд 2 – исследуемая группа, где проведена декомпрессия футляра. В исследуемой группе уровень давления повышается только после обработки технологического канала для имплантации интрамедуллярного остеосинтеза, в последующем на всех остальных этапах исследования - остается без изменения. Данный факт подтверждает эффективность и обоснованность проведения декомпрессии футляра с профилактической целью, не дожидаясь развития МГИС.

Также построены диаграммы, изображающие динамику измерения давления в футлярах по группам (Рисунки 3.5 – 3.7).

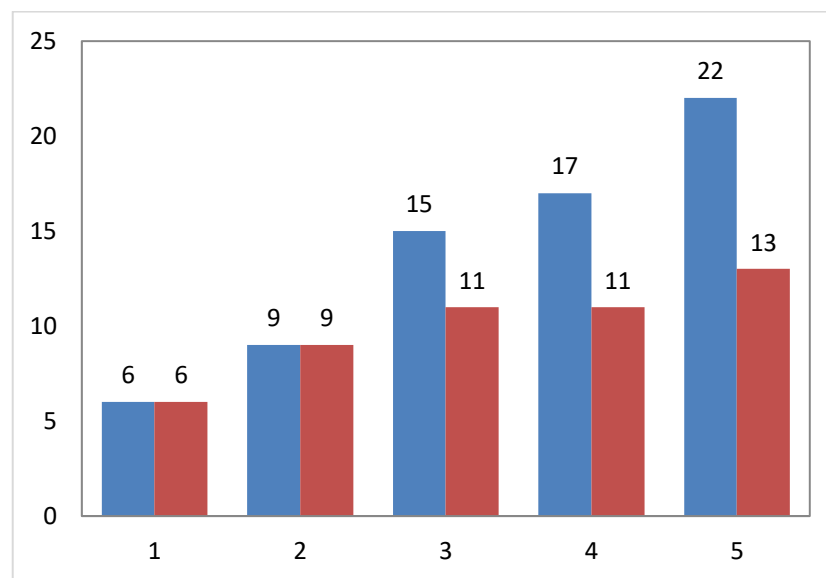


Рисунок 3.5 - Динамика изменений ПФД латерального футляра голени в основной и контрольных группах

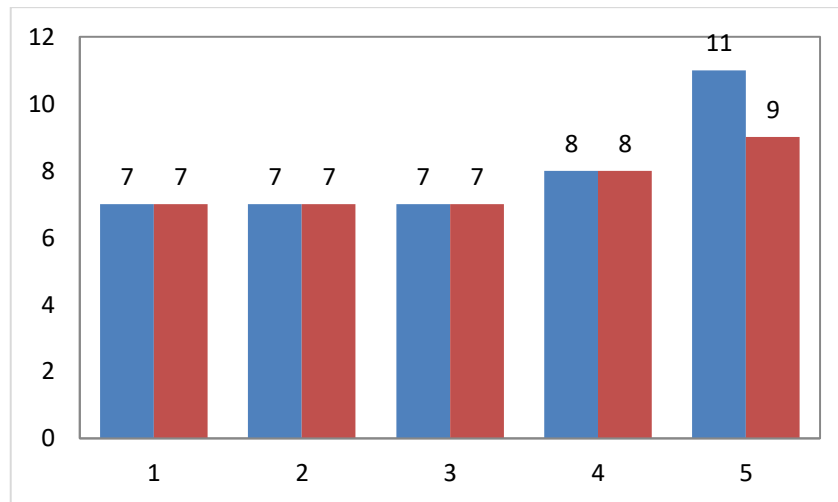


Рисунок 3.6 - Динамика изменений ПФД заднего поверхностного футляра голени в основной и контрольной группах

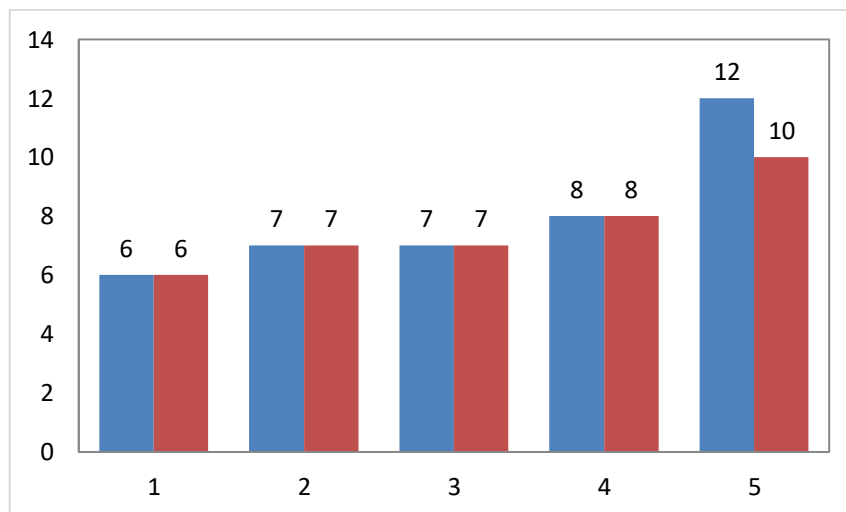


Рисунок 3.7 - Динамика изменений ПФД заднего глубокого футляра голени в основной и контрольной группах

Таким образом, во всех футлярах, при выполнении фасциотомии нами получены результаты снижения подфасциального давления в динамике. На протяжении всего динамического наблюдения в основной группе не наблюдалось повышения давления до патологических величин. В контрольной группе отмечалось повышение давления до цифр проявления компартмент-синдрома легкой степени.

Таким образом, проведение профилактики развития синдрома сдавления путем фасциотомии является эффективным путем предупреждения компартмент-синдрома.

3.3. Инфекционные осложнения после остеосинтеза

В обеих группах сравнивались частота и тяжесть инфекционных осложнений.

Учитывая то, что по литературным данным частота инфекционных осложнений является косвенным свидетельством развития компартмент синдрома, нами также проводился инфекционный контроль состояния раны на всем протяжении раннего и позднего послеоперационных периодов.

Наши данные о частоте инфекционных осложнений остеосинтеза не сильно отличаются от приведенных выше литературных данных. Риск инфекционных осложнений составляет от 15 до 65% при переломах голени, при этом частота инфекционных осложнений значительно возрастает в случае открытых переломов и значительных дефектов мягких тканей.

Бактериологические исследования выполняли в случае подозрения на наличие инфекционных осложнений со стороны раны. Обычно это были посевы раневого отделяемого взятого при проведении перевязки, до обработки раны антисептиками. При развитии длительно существующих незаживающих ран, с возможным вовлечением глубоких тканей брали в работу также посевы мочи, крови.

В основной группе взяты бактериологические посевы 17 пациентам (37,7%). В контрольной группе 37(77%) пациентам (Рисунок 3.8, Таблица 3.3).

Таким образом, бактериологическое исследование выполняли пациентам, у которых развились инфекционные осложнения (свищи, инфицированные раны). Этим больным выполняли качественное и количественное исследование, определяя видовой состав микрофлоры и степень микробной контаминации. После определения вида микроорганизмов устанавливали чувствительность к антибактериальным препаратам методом дисков.

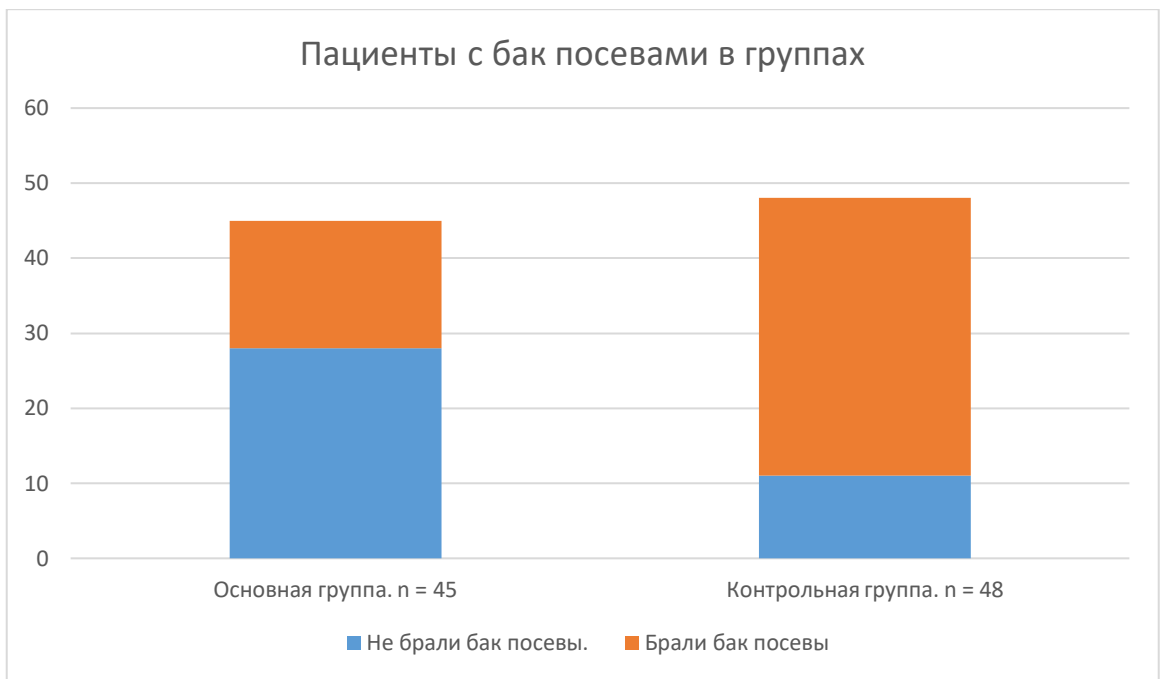


Рисунок 3.8 - Количество пациентов в группах, у которых возникла потребность во взятии бактериологических анализов крови

Таблица 3.3 - Распределение по типу возбудителей

Тип микроорганизма	Основная группа. n = 17		Контрольная группа. n = 37	
	n	%	n	%
<i>S. aureus</i>	4	23	9	24,3
<i>S. epidermitis</i>	3	17,6	8	21,6
<i>S. saprophiticus</i>	1	5,8	5	13,5
<i>E. coli</i>	1	5,8	4	10,8
<i>P. aeruginosa</i>			3	8,1
β -гемолит. S			3	8,1
Всего		100		100

Как мы видим из таблицы 3.3, основную часть возбудителей при инфекционных осложнениях после металлоостеосинтеза составила обычная Г-положительная флора, характерная для хирургических стационаров. Ни в одном

случае не наблюдали генерализованных тяжелых осложнений, приводящих к септическим состояниям с летальным исходом.

В основной группе не фиксировалось осложнений, переходящих в хронические, с вовлечением мышечных и костных тканей. В контрольной группе в двух случаях были получены признаки хронического остеомиелита с возникновением длительно незаживающих свищей и требующих продолжительного лечения с применением большого количества антибактериальных препаратов. Но, тем не менее, несмотря на существование длительного инфекционного очага, удалось сохранить относительно сохранной опорную функцию конечности.

Таким образом, в основной группе зафиксировано значительно меньшее количество инфекционных осложнений по сравнению с контрольной группой. Кроме того, в основной группе не фиксировали длительно незаживающих хронических очагов.

3.4. Технология проведения интрамедуллярного остеосинтеза

В нашем исследовании в обеих группах нами применялась стандартная технология проведения интрамедуллярного остеосинтеза. Мы посчитали возможным привести в нашей работе описание метода для демонстрации того, что применяемые методики остеосинтеза не отличались в обеих группах.

Технология описана в специальной литературе, она практически не отличается в различных применяемых системах. Единственным отличием, может служить навигационное кондукторное оборудование, которое встречается у различных фирм и систем. Так, система, применяемая фирмой «Stryker», более подходит для имплантации с интраоперационным сопровождением операционной рентгентелевизионной установки. Данный метод определяется как метод «свободной руки». Данная система была применена нами в 1 случае. В остальных 92 случаях нами применялись стержни производства польской фирмы ChM (82 клинических

случая) и аппараты системы Блискунова (10 клинических наблюдений). Кондукторно-навигационные аппараты данных систем позволяют проводить как открытую, так и закрытую репозицию, с последующей имплантацией блокирующих стержней без применения операционного электронно-оптического преобразователя. Применение кондукторных электронных преобразователей (системы фирм «Stryker» и ChM) ни в нашей практике, ни по имеющимся доступным нам литературным данным (отсутствие публикаций, подтверждающих ценность данного метода) не получило широкого признания у травматологов-ортопедов.

Стандартно проводится разрез над собственной связкой надколенника. Последняя может быть смещена в латеральную сторону, либо разделена пополам. Выбор метода больше зависит от пожеланий хирурга, чем может быть объяснен анатомическими особенностями пациента. Следующим этапом с помощью шила с тремя гранями проводят формирование входного отверстия в костномозговую полость (КМП), через которое вводят проволочный проводник. При проведении открытой репозиции проводник проводится в костномозговую полость под визуальным контролем, как правило, технических трудностей не вызывая. При проведении закрытой репозиции, могут быть трудности, особенно при наличии отека. Для оптимизации проведения проводника, конец последнего загибается на протяжении 10 – 15 мм под углом 25° . Данный простой способ, позволяет при вращательных движениях облегчить и упростить проведение проводника в КМП дистального фрагмента. В то же, время данная деформация не приносит технических затруднений для завершения следующих этапов, в частности его извлечения через имплантированный стержень.

Следующий этап – может быть применен, может быть исключен. При свежих травмах у людей с имеющимися размерами костномозговой полости, позволяющей имплантировать стержень диаметром 9 – 10 мм рассверливание обычно нами не проводилось. Проводилось увеличение входного отверстия, на 1 – 2 мм больше диаметра имплантируемого стержня на глубину 5 – 7 см. В случаях замедленного

сращения, несращения, образовавшегося ложного сустава, нами всегда проводилось рассверливание костно-мозговой полости для увеличения диаметра имплантируемого стержня. Это позволяло увеличить период образования костной мозоли и повышало требования к прочности имплантата. Также при рассверливании костно-мозговой полости образуется костная стружка, которая выполняет роль аутопластики при закрытой репозиции.

Имплантация стержня. Диаметр и длина определяется по рентгенограммам на этапе предоперационного планирования. Следует отметить, что стержни производства ChM начиная от диаметра 8 мм и более, являются канюлированными, позволяющими проводить не только имплантацию стержней, но и контролировать наличие блокирования стержня винтами на всех уровнях. Стержень не должен слишком плотно продвигаться по костно-мозговой полости из-за угрозы расколоть кость, в отличие от стержней Кюнчера или четырехгранного стержня ЦИТО, блокирующие стержни не требуют «прессфит фиксации» при их имплантации. В то же время, имплантации стержня по размерам, значительно меньших размеров костномозговой фиксации, не обеспечивают стабильность фиксации фрагментов, что может привести к вторичному смещению фрагментов, и излишней нагрузке на блокирующие винты и сам фиксатор. Данное состояние мы считаем технической ошибкой, требующей либо заменить имплантат, либо использовать отсекающие винты (puller), которые вводят в дистальный и/или проксимальный фрагмент кости, с целью обеспечения упора стержня в дистальном и проксимальном отломках.

Исследования показали, что фиксаторы с диаметрами 10 мм и 9 мм нашли наибольшее применение в проведении БИОС. В зависимости от антропометрических данных пациентов, где костномозговая полость большеберцовой кости имела большой диаметр, использовались фиксаторы большего диаметра (10-11-12 мм). Для обеспечения контакта фиксатора с костью приходилось выбирать необходимые диаметры. В случае, когда диаметр стержня был меньше диаметра костномозговой

полости, нагрузка на фиксатор распределялась неравномерно между стенками фиксатора и БВ и на фиксатор в зоне технологического отверстия.

В случаях, когда максимальная нагрузка приходит на технологически неустойчивые участки фиксатора, возникает опасность его разрыва. Один из факторов, приводящих к увеличению диаметра фиксатора, заключается в том, что большеберцовая кость может не срастаться или образоваться ложный сустав. В таких ситуациях срок сращения значительно превышает обычное время заживления перелома. Для увеличения возможности использования более крупного интрамедуллярного фиксатора в таких случаях производилась расточка костномозговой полости. Это позволяло предотвратить усталостные разрывы металлической конструкции. Важно отметить, что после проведения указанных мероприятий не возникало никаких осложнений.

Блокирование проксимального и дистального фрагмента при использовании интрамедуллярного фиксатора было обнаружено во множестве синтезов большеберцовой кости. В 82 из 93 случаев (88,17%) блокирование происходило в соотношении 2 к 1, где проксимальный фрагмент блокировался двумя винтами, исключая 20 случаев. Таким образом, дистальный фрагмент был надежно закреплен двумя винтами в большинстве случаев.

В нашей практике из 93 случаев блокирования в 79 случаях применялось блокирование дистально двумя винтами, проксимально – одним винтом. Такое блокирование не зависело от группы исследования, применялось в зависимости от характеристик интрамедуллярного фиксатора. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что при переломе в средней трети большеберцовой кости рычаги сил равны, однако, проксимальный конец стержня имеет дополнительную точку фиксации в кортикальной части кости в месте входа стержня, в отличие от дистального фрагмента.

У 7 больных с переломами в верхней трети/границы средней и верхней трети блокирование выполнено 1 винтом. В 4 случаях было осуществлено дистальное блокирование в нижней трети диафиза ББК 3 винтами.

В 81 случае (87,10%) для дистального блокирования использовали 1 винт, в 11 (11,83%) – 2 винта, и только один случай (1,07%) требовал 3 винтов. При линии перелома в верхней трети диафиза ББК, выполнялось блокирование 2 или 3 винтами.

При наличии линии перелома, смещенной дистально – проводилось увеличение количества блокирующих винтов в дистальном отломке, и наоборот, при смещении линии перелома проксимально проводилось увеличение количества винтов блокирующих, проксимальный фрагмент кости. Для блокирования выставляют втулки в соответствии с технологическим отверстием стержня, затем сверлом 3,5 мм формируют технологическое отверстие под дистальный винт. Правильность блокирования проверяется при помощи проводника, предварительно подтянутого из костномозговой полости. При наличии правильно проведенного отверстия, проводник не может больше быть погружен на исходную величину. Дальше проводник подтягивается, сверло извлекается, проводится имплантация винта с последующим контролем правильности размещения его при помощи проводника. Глубина возможного проведения проводника отмечается для контроля за проведением последующих винтов.

Возможно два способа проведения блокирования винта. Первая – статическая, применяемая при косых, оскольчатых переломах, когда есть угроза вторичного смещения. Недостаток данного метода – необходимость проведения динамизации (удаления, как правило, дистальных винтов, через 3 – 6 месяцев). Второй способ – компримирующий, применяемый при поперечных и косопоперечных линиях перелома, не требующий динамизации, позволяющий устранить эффект «распорки» при статическом остеосинтезе.

В наших клинических наблюдениях статический способ был применен в 57 (61,29%) случаях, а компрессионный в 36 (38,71%).

3.5. Клинические примеры с использованием фасциотомии

3.5.1. Клинический пример 1 с применением фасциотомии

Пациент К-о Ю. В., 38 лет, история болезни № 2712.

Диагноз: Несросшийся двойной перелом верхней трети и оскольчатый перелом средней трети правой ББК. Из анамнеза известно, что после травмы по месту жительства был наложен АВФ (стержневой аппарат). Поступил в нашу клинику через 2 месяца после травмы. После снятия стержневого аппарата (Рисунок 3.9 а, б) проведена санация кожных покровов.

Учитывая наличие двойного несросшегося диафизарного перелома, выраженного рубцового процесса, решено выполнить открытую репозицию и провести БИОС.



Рисунок 3.9 - Рентгенограммы пациента К-о Ю.В., 38 лет, и/б 2712,
а - прямая проекция, б - боковая проекция. Состояние после снятия АВФ



Рисунок 3.11 - Рентгенограммы пациента К-о Ю. В., 38 лет, и/б 2712,
а – доступ для имплантации фиксатора, б – хирургический доступ для остеотомии
малоберцовой кости

Анализируя данный случай, можно отметить, что БИОС является оптимальным вариантом для металлоостеосинтеза переломов диафиза ББК. Выполнение открытой репозиции позволяет в оптимальных условиях провести полужакрытую фасциотомию футляров голени, что желательно превентивно проводить во всех случаях, и в обязательном порядке при высоком прогностическом уровне МГИС.

3.5.2. Клинический пример 2 с применением фасциотомии

Пациент Х-я 46 лет, история болезни №8044. Травма в ДТП, находилась на лечении по поводу – «Закрытый оскольчатый перелом средней трети правой бедренной кости со смещением отломков. Закрытый оскольчатый перелом костей правой голени в средней трети со смещением отломков. ЗЧМТ. Ушиб головного мозга средней степени тяжести. Множественные ушибы и ссадины туловища и конечностей. Травматический шок 2 ст» (Рисунок 3.12 а, б).

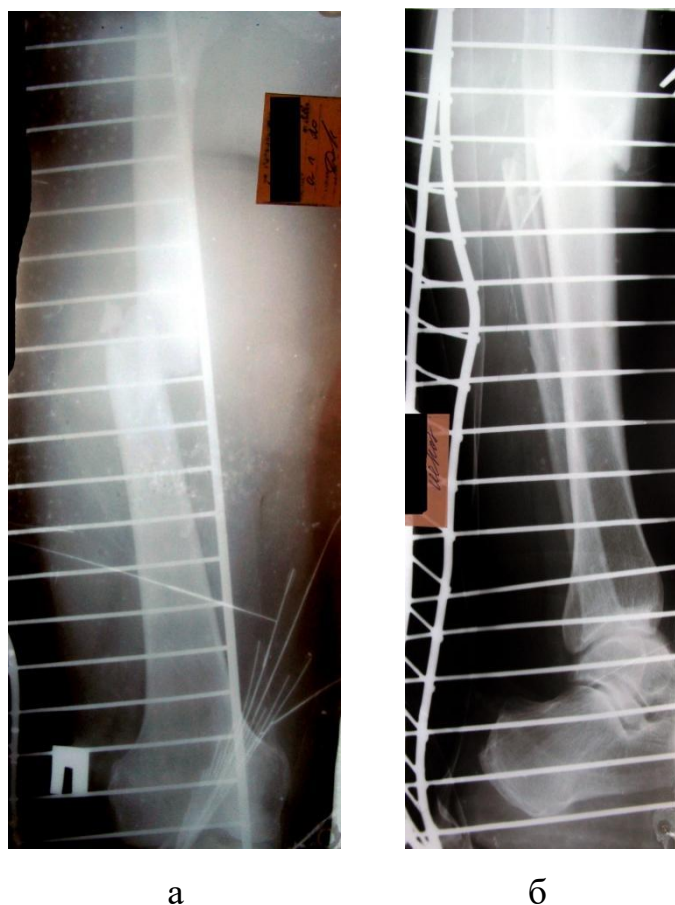


Рисунок 3.12 - Рентгенограмма пациента Х-я 46 лет. История болезни № 8044.

а – рентгенограмма бедра, б – рентгенограмма голени.

Первичные рентген снимки при поступлении

При поступлении переломы костей бедра и голени были стабилизированы аппаратами внешней фиксации (Рисунок 3.13 а, б).



Рисунок 3.13 - Рентгенограмма пациента Х-я 46 лет. История болезни № 8044:

а – рентгенограмма бедра, б – рентгенограмма голени,
состояние после стабилизации переломов АВФ

После выведения больной из шока, стабилизации состояния, выполнены оперативные вмешательства – закрытая репозиция правого бедра, МОС блокирующим фиксатором. Закрытая репозиция правой большеберцовой кости, МОС блокирующим фиксатором (Рисунок 3.14 а, б).



Рисунок 3.14 - Рентгенограмма пациента Х-я, 46 лет. История болезни № 8044:
а – рентгенограмма бедра, б – рентгенограмма голени, состояние после проведения
МРС блокирующими интрамедуллярными фиксаторами

Данной пациентке, при выполнении оперативного вмешательства, учитывая рассчитанный риск развития МГИС, составляющий высокую вероятность (105 баллов), была проведена закрытая фасциотомия. Этапы проведения которой представлены на рисунках 3.15–3.18.

Первоначально проведен демонтаж АВФ (Рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 - П-т Х-я, 46 лет. История болезни № 8044: перед снятием АВФ

Следующим этапом проведена закрытая репозиция большеберцовой кости, проведен БИОС правой большеберцовой кости. Из стандартных доступов, для имплантации интрамедуллярного стержня и проксимального блокирующего винта проведена декомпрессия всех четырёх футляров голени. Для этого при помощи фасциотома, или как в данном клиническом примере при помощи ножниц, с достаточно большими браншами проводится предоперационное планирование. В планирование включается четкая верификация всех четырех футляров голени, направление для проведения закрытой фасциотомии и определение необходимой глубины рассечения фасции (Рисунок 3.16).

Следующим этапом проводится фасциотомия по заранее определенным направлениям и рассчитанную длину (Рисунок 3.17).

Внешний вид оперированной конечности после проведенного металлоостеосинтеза и декомпрессионных фасциотомий (Рисунок 3.18).



Рисунок 3.16 - П-т Х-я, 46 лет. История болезни № 8044:
планирование направления и длины проведения фасциотомии



Рисунок 3.17 - П-т Х-я, 46 лет. История болезни № 8044:
проведение закрытой фасциотомии переднелатерального футляра голени



Рисунок 3.18 - П-т Х-я, 46 лет. История болезни № 8044:
внешний вид голени после проведения закрытых фасциотомий

3.5.3. Клинический пример 3 с применением фасциотомии

Пациент Б-о Н. А., 38 лет, история болезни № 731. Диагноз: закрытый перелом средней трети ББК, двойной перелом МБК со смещением отломков. Ушибленная рана головы. Алкогольное опьянение.

С учетом локализации и характера переломов (Рисунок 3.19) показана закрытая репозиция и БИОС ББК.

Проведена закрытая репозиция большеберцовой кости с последующей фиксацией БИОС (Рисунок 3.20).



Рисунок 3.19 - Рентгенограмма пациента Б-о Н. А., 38 лет, при поступлении



Рисунок 3.20 - Рентгенограммы пациента Б-о Н.А., 38 лет, и/б 731 после БИОС: а - прямая проекция, б - боковая проекция

Далее выполняли фасциотомию футляров голени. Первоначально проводится фасциотомия переднелатерального и латерального футляра из доступа для имплантации фиксатора (Рисунок 3.21). Учитывая, что фасциотомия проводится закрытым способом при помощи специального инструментария «фасциотом», необходимо четко определить границы футляров и направления проведения фасциотомий (Рисунки 3.22 - 3.24).



Рисунок 3.21 - Планирование при помощи фасциотома фасциотомии переднелатерального и латерального футляров



Рисунок 3.22 - Пациент Б-о Н. А., 38 лет, и/б 731
Определение расположение футляра (переднелатерального)
для начала проведения фасциотомии



Рисунок 3.23 - Пациент Б-о Н. А., 38 лет, и/б 731
Начало выполнения фасциотомии переднелатерального футляра



Рисунок 3.24 - Пациент Б-о Н.А., 38 лет, и/б 731
Завершение фасциотомии переднелатерального футляра

Проведя декомпрессию передних футляров, той же техникой выполняют декомпрессию заднего поверхностного и заднего глубокого футляров (Рисунки 3.25 - 3.26).



Рисунок 3.25 - Начало фасциотомии заднего поверхностного и заднего глубокого футляров



Рисунок 3.26 - Завершение фасциотомии заднего поверхностного футляра

В некоторых случаях, при угрозе возникновения МГИС, декомпрессию задних футляров выполняют в реверсном направлении (от дистальной в сторону проксимальной части). Риск развития МГИС обуславливают: раны, переломы нижней трети голени, ожоги, рубцово-фиброзные изменения мягких тканей, струпы.

В таких случаях дополнительно выполняли фасциотомию в нижней трети, с учетом факторов риска (перелом МЮК и обширный струпа). Фасциотомию из доступа для имплантации проксимального БВ выполняли той же схеме (Рисунки 3.27, 3.28), что при доступе для проксимального БВ.

Во всех случаях фасциотомии (в основной группе) после выполнения металлоостеосинтеза ББК, не выявлены случаи МГИС. Внешний вид конечности после оперативного лечения на вторые сутки (на вторые сутки, в случае наличия МГИС, развивается обычно максимальная величина подфасциального давления, что характеризуется соответствующими клиническими проявлениями, но на рисунке никаких проявлений компартмент-синдрома не регистрируется) представлен на рисунке 3.29.



Рисунок 3.27 - Начало фасциотомии заднего поверхностного футляра



Рисунок 3.28 - Завершение фасциотомии заднего поверхностного футляра



Рисунок 3.29 - Внешний вид конечности на 3 сутки после металлоостеосинтеза с применением профилактических фасциотомий

Таким образом, декомпрессия футляров голени, осуществляемая из оперативных доступов для имплантации БВ, является эффективной мерой профилактики и лечения МГИС.

3.6. Отдаленные результаты лечения и реабилитации

У части пациентов в обеих группах были проанализированы этапы реактивно-восстановительного лечения (до 18 мес) и резидуального (более 18 мес) периода МГИС. Базой исследования явились физиотерапевтические больницы № 1 города Саки и «Черные воды» Бахчисарайского района Республики Крым. Мы не смогли добиться широкого охвата в обеих группах реабилитационным лечением в доступных нам клинических базах, тем не менее у 21 пациента (46,6%) в основной группе и у 25 пациентов (52,1%) в контрольной группе был прослежен этап реабилитации.

Санаторно-курортное лечение при наличии МГИС применяли с начала реактивно-восстановительного периода (спустя 4–6 недель), а при отсутствии МГИС или его субклинических формах – спустя 6–7 месяцев после хирургического вмешательства.

При поступлении пациента на санаторно-курортный этапы лечения на основании результатов комплексного исследования (включая функциональные тесты), характер повреждения, возраста, наличия сопутствующей патологии определяли входное и выходное функциональное состояние больного.

Необходимым условием для реализации индивидуальной реабилитационной программы было создание реабилитационного совета, в который входили: ортопед-травматолог, физиотерапевт, терапевт, психолог, врач ЛФК, по показаниям – невролог, уролог и т. д.

Специалисты реабилитационного совета санатория на основании реабилитационной карты, где указывалось основные и дополнительные реабилитационные задачи, а также результаты комплексного обследования давали рекомендации, после чего ортопед-травматолог формировал индивидуальную программу медицинской реабилитации (ИПМР).

На санаторно-курортном этапе восстановительного лечения в период адаптации на основании определенного реабилитационного потенциала и комплексного обследования назначали базовую программу (1-3 сутки), постепенно формировали ИПМР, которую реализовали в основном периоде.

В заключительном периоде на основе повторного контрольного обследования оценивали результат санаторно-курортного лечения, формировали экспертное заключение и составляли рекомендации по дальнейшему лечению.

После общеклинического, лабораторного и инструментального исследований определяли реабилитационный потенциал пациента. Специалисты реабилитационного совета, учитывая функциональные возможности пациента, а также учитывая его возраст, соматическую патологию и др., вносили определенные

коррективы и помогали ортопеду-травматологу санаторно-курортного этапа реабилитационно-восстановительного лечения формировать ИПМР. По окончании реабилитационного лечения выполняли контрольное обследование с формулированием реабилитационного заключения и рекомендациями.

Нами не предусматривались различные программы для пациентов в основной и контрольной группах. При создании программы реабилитации придерживались принципов последовательности, комплексности и непрерывности восстановительного лечения. Весомое значение придавали реабилитационно-экспертной оценке с определением реабилитационного диагноза, основной реабилитационной задачи и прогноза. Согласно этим составляющим пациентов направляли на реабилитационные маршруты и строили индивидуальную программу восстановительного лечения.

В периоде адаптации проводили комплексное функциональное обследование активности пациента, используя объективные и инструментальные методы исследования, функциональные тесты, и назначали начальную программу восстановительного лечения с учетом приспособления пациента к новым климатическим условиям и их функциональных возможностей. В основном периоде реализовывали ИПМР в зависимости от поставленной на предыдущем этапе реабилитационной задачи. Интенсивность нагрузок и их продолжительность на организм пострадавшего наращивалась постепенно.

В заключительном периоде восстановительного лечения проводили контрольное комплексное обследование, оценивали результаты лечения по функциональным тестам и шкалам Матиса и SF-36, на основании чего формулировали реабилитационное заключение. В данный период реабилитационной программы постепенно уменьшали интенсивность факторов медицинской реабилитации и их продолжительность.

Клинические обследования включали: сбор жалоб и анамнеза, оценивание общего, ортопедического, психологического и неврологического статуса. Кроме

этого, проводили анализ результатов реабилитационно-восстановительного лечения на предварительных этапах и оценивали влияние физических дефектов на уровень функциональных возможностей пациентов. Среди инструментальных исследований применяли: рентгенографию, спирометрию, ультрасонографию, денситометрию, электронейромиографию (ЭНМГ).

При сопутствующих послетравматических неврологических расстройствах конечностей выполняли в динамике электронейромиографию. Анализировали полученную информацию с учетом сроков поступления на санаторный этап, метода фиксации переломов, наличия осложнений, а также особенности состояния пациента. Коррекцию восстановительного лечения проводили с привлечением ортопеда-травматолога стационарного этапа медицинской реабилитации посредством в режиме телеконсультирования. Контроль за исполнением ИПМР осуществляли с помощью телемедицинских технологий 1 раз в неделю или при необходимости.

Согласно определенным реабилитационным задачам на санаторно-курортном этапе восстановительного лечения реабилитационная программа предусматривала: лечебную физкультуру, механотерапию, гидрокинезотерапию, физиотерапевтические процедуры, массаж и медикаментозную терапию.

Среди аппаратной физиотерапии в основной период реабилитационной программы широко применяли магнитотерапию, фонофорез с гидрокортизоновой мазью, лиадазой, парафин (озокерит) аппликации, электрофорез с 10% кальцием хлорида, 2% новокаином, электростимуляцию мышц конечностей, гидрокинезотерапию и механотерапию, лазеротерапию.

Качество лечения контролировали с помощью визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Оценивали исходный уровень сопутствующих расстройств и результаты проведенного санаторно-курортного лечения у 10 больных.

Положительную динамику после первого курса ФТЛ выявили у 34 человек (73,9% от общего количества пациентов в 46 человек). Однократный курс ФТЛ

привел к снижению уровня дискомфорта до ≤ 3 баллов. У 12 пациентов (26,1%) субъективная оценка уровня дискомфорта составила 6–7 баллов, у данных больных на базе ФТБ г. Саки проведен повторный курс ФТЛ.

Распределение уровня ВАШ по группам показано на рисунке 3.30 ниже.

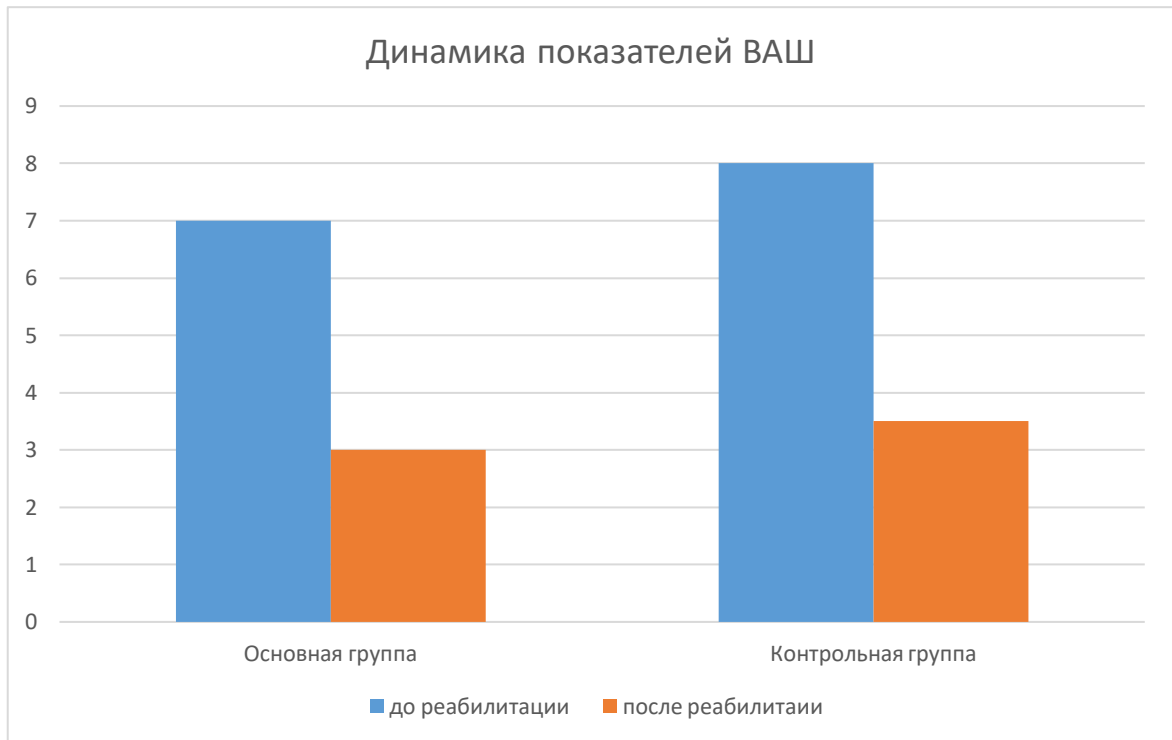


Рисунок 3.30 - Динамика показателей ВАШ до и после реабилитации в основной и контрольной группах

Для объективизации данных дополнительно выполняли дискретное определение чувствительности с помощью разработанного нами устройства (u201015793 от 27.12.2010), которое изображено на рисунке 3.31.

Для более точной оценки повреждений одной конечности был разработан метод, основанный на корреляции между неповрежденным и поврежденным сегментами. Определяли расстояние, на котором пациентами две точки различались или воспринимались как одна. Влияние субъективных факторов было исключено, т.к. испытуемые с закрытыми глазами сосредоточивались на ощущениях.

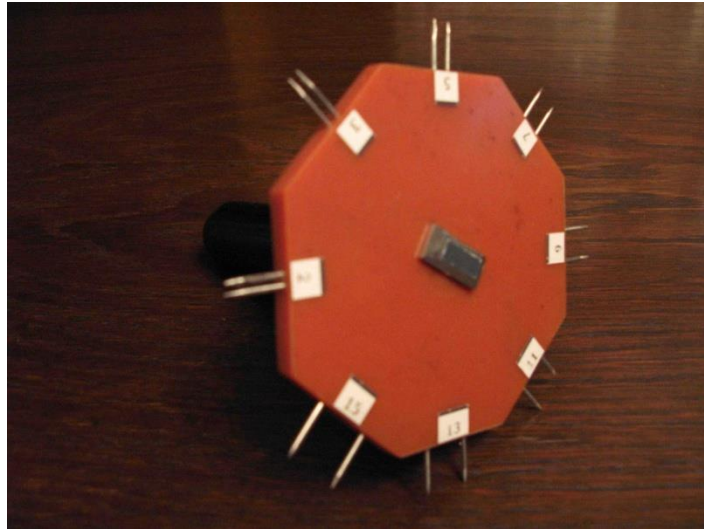


Рисунок 3.31 - Дискректор для определения степени нарушения чувствительности

Основной инструмент исследования - специальная шкала фиксированных значений дистанций между иглами: 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 мм. Базовой нормой считали расстояние между иглами 3 и 2 мм – область гиперчувствительности. В результате исследования установили нижнюю границу нормы.

Проведение санаторно-курортного лечения оказывает заметное воздействие на динамику изменения дискретной чувствительности у пациентов. Результаты анализа, представленные на рисунке 3.32, позволяют увидеть явное улучшение состояния участников исследования. Все пациенты (100%) из прошедших лечения отмечали отмечают значительное увеличение амплитуды движений и повышение чувствительности после прохождения курса СКЛ. Но в данном исследовании на чувствительность мы не фиксировали статистически достоверной разности по результатам между группами. Вероятнее всего, это связано с тем, что в контрольной группе все случаи компартмент-синдрома были легкой степени, и это не успело отразиться на функциональности конечности и на чувствительности.

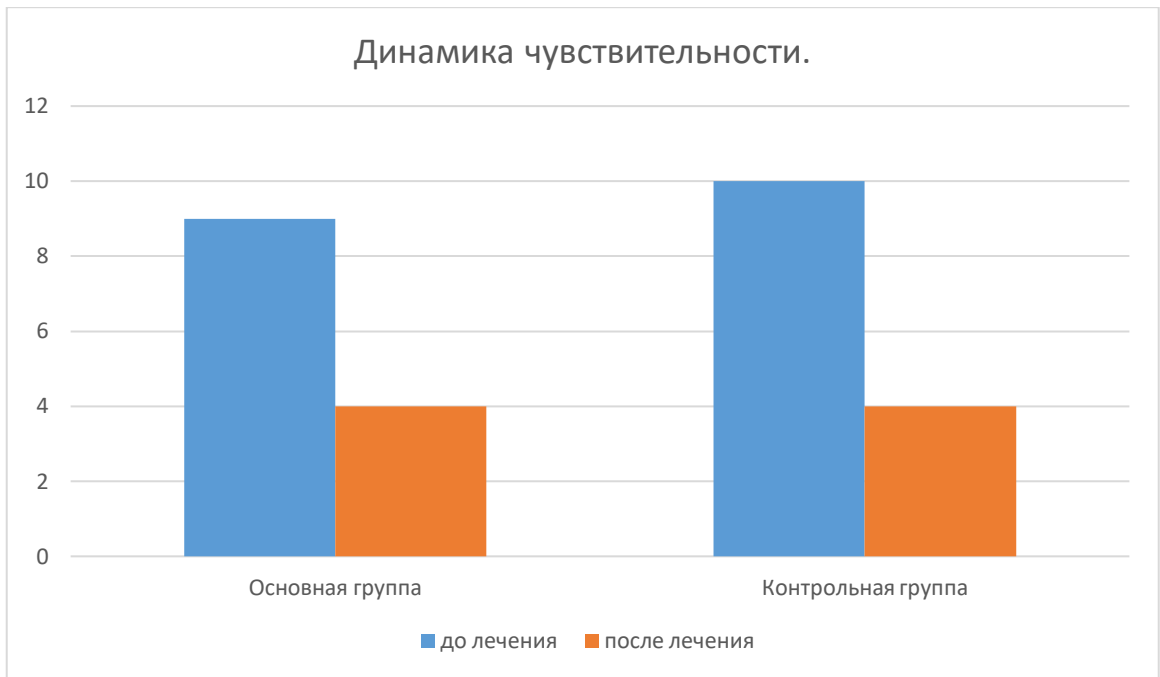


Рисунок 3.32 - Динамика чувствительности конечности в основной и контрольной группах после проведения курса физиотерапии

Таким образом, в обеих группах выявлено постепенное улучшение показателей: возрастали дискретные значения чувствительности, испытуемые отмечали более высокую степень чувствительности и исчезновение парестезий, что доказывает эффективность восстановления. При этом статистически достоверных различий между группами выявлено не было.

В результате исследования показано, что при диафизарных переломах ББК и МГИС санаторно-курортное лечение эффективно в реактивно-восстановительном и резидуальном периодах. Пациенты отмечали значительное улучшение состояния, большую точность и легкость движений, повышалась физическая выносливость поврежденной конечности. Данные улучшения фиксировались в обеих группах. Достоверных различий между группами зафиксировано не было, за исключением шкалы ВАШ, по результатам оценки, которой среди пациентов основной группы фиксировались более качественные улучшения.

ГЛАВА 4**ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Полузакрытая фасциотомия медиальной поверхности голени является важным этапом БИОС. Этот шаг требует от специалистов высокой точности и мастерства, поскольку он играет решающую роль в успешности операции. Результаты лечения и предотвращение возможных осложнений напрямую зависят от правильного выполнения этого этапа.

При анализе причин возникающих осложнений и результатов лечения, мы видим, что важность процедуры фасциотомии не может быть недооценена. Она является неотъемлемой частью успешного проведения закрытого интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза и обеспечивает хорошие перспективы для пациента.

Этап выполнения фасциотомии по медиальной поверхности голени из оперативного доступа 0,5 см, требующий высокой точности и мастерства специалистов - ключевой для дальнейшей имплантации проксимального БВ.

Только комплексный подход, включавший фасциотомию и закрытую декомпрессию заднего поверхностного и глубокого футляра голени обеспечивает эффективную и безопасную имплантацию фиксатора в верхней трети голени. Но, особенного внимания требует фасциотомия переднелатерального и латерального футляров, так как именно здесь важно соблюдать все технические нюансы и рекомендации специалистов. По нашим данным, именно в латеральном и переднелатеральном футлярах наблюдались наиболее высокие цифры давления в контрольной группе.

Этап декомпрессии футляров голени играет ключевую роль в обеспечении оптимальных условий для успешной имплантации фиксатора, что подчеркивает важность согласованного выполнения всех этапов операции. Только так можно

гарантировать успешное восстановление функциональности и стабильности конечности после операции.

Профилактическая закрытая фасциотомия при закрытой репозиции и БИОС голени является эффективной мерой предотвращения развития МГИС. Во всех случаях проведения превентивной фасциотомии не было отмечено развитие компартмент-синдрома.

Фасциотомия при интрамедуллярном блокируемом остеосинтезе голени является неотъемлемой частью хирургического вмешательства и позволяет сохранить функциональность конечности. Этот метод предотвращает возможные осложнения после операции, такие как отеки и нарушение кровообращения.

Выполнение профилактической закрытой фасциотомии без дополнительных кожных разрезов способствует минимизации косметических дефектов и сохранению эстетики тканей. Благодаря этой технике удается избежать возникновения функциональных нарушений, связанных с проведением дополнительных хирургических вмешательств.

Новые исследования подтверждают, что после проведения БИОС по стандартной методике наблюдается увеличение подфасциального давления. Это важное открытие открывает новые перспективы в изучении влияния БИОС на организм. Степень МГИС, определенная как показатель общего состояния пациента, стала предметом внимания не только при анализе подфасциального давления, но и при клиническом исследовании.

Изучение данных подфасциального давления в контексте БИОС становится все более важным для понимания механизмов воздействия данной методики. Результаты анализа подтверждают влияние БИОС на динамику показателей давления в организме. Кроме того, ученые обратили внимание на связь между степенью МГИС и результатами анализа подфасциального давления.

В таблице 4.1 представлены результаты подфасциального давления при фасциотомии футляров голени при выполнении БИОС ББК.

Таблица 4.1 – ПФД (мм. рт. ст.) при имплантации БИОС с декомпрессией футляров

Вид исследования	Футляры голени			
	Передне-латеральный	Латеральный	Задний поверхностный	Задний глубокий
До имплантации фиксатора	7 ±0.3	6 ±0.3	7 ±0.3	6 ±0.3
После обработки канала для имплантации фиксатора	9 ±0.5	9 ±0.6	7 ±0.2	7 ±0.2
После имплантации фиксатора	12 ±0.5	11 ±0,5	7 ±0.2	7 ±0.2
Завершение операции	12 ±0.3	11 ±0.3	8 ±0.2	8 ±0.2
Через 24 часа после имплантации фиксатора	13 ±0.6	13 ±0.7	9 ±0.3	10 ±0.3

Отметим, что декомпрессия футляров голени при выполнении БИОС ББК ни в одном случае не привела к развитию компартмент-синдрома, а уровень подфасциального давления не достигал пограничных значений, характерных для возникновения МГИС.

ПФД в основной группе было сопоставимо с контрольной группой, как до имплантации (6–7 мм. рт. ст.), так и на втором этапе исследования (7-9 мм. рт. ст.),

таб. 5.1–2. Далее различия ПФД не выявлены для заднего поверхностного и глубокого футляров. В переднелатеральном футляре ПФД составляло $12 \pm 0,5$ мм. рт. ст., в группе контроля - $17 \pm 0,5$ мм. рт. ст., результаты оставались в пределах нормы. В латеральном футляре ПФД было на 4 мм. рт. ст. ниже группы контроля ($11 \pm 0,5$ против $15 \pm 0,5$ мм. рт. ст.).

Спустя сутки тщательного наблюдения определено, что в обеих группах у всех пациентов наблюдалось повышенное ПФД, что может служить проявлением начальных повреждений мышечных тканей и свидетельствовать о риске осложнений. При этом повышение ПФД ни у одного из участников исследования не приводило к выраженному болевому синдрому и другим симптомам МГИС.

Замеры давления внутри футляров голени являются важным инструментом для ранней диагностики и контроля состояния мышечных тканей. Возможность выявить повышение ПФД без выраженных клинических проявлений позволяет своевременно принимать меры по предотвращению возможных осложнений. Важно продолжать мониторинг и дальнейшие исследования для более глубокого понимания процессов, происходящих в мышечных компартментах при повышении давления. ПФД находился в границах нормы:

- $13 \pm 0,7$ ($22 \pm 0,8$) мм. рт. ст. в латеральном футляре,
- $13 \pm 0,6$ ($21 \pm 0,7$) мм. рт. ст. в переднелатеральном футляре,
- $10 \pm 0,2$ ($12 \pm 0,3$) мм. рт. ст. в заднем глубоком футляре,
- $9 \pm 0,3$ ($11 \pm 0,3$) мм. рт. ст. в заднем поверхностном футляре.

4.1. Результаты измерения подфасциального давления в контрольной группе

В контрольной группе также проводилось измерение подфасциального давления. Известно, что своевременная диагностика позволяет обнаружить МГИС легкой и средней степени тяжести, когда еще поправимы нарушения кровообращения и возможно предотвратить развитие ишемической контрактуры Фолькмана.

Следовательно, благодаря раннему выявлению и лечению с учетом прогностических данных (в баллах), возможно предотвратить неврологические дефициты и фиброзно-рубцовые изменения мягких тканей. Профилактические меры препятствует развитию патологического процесса, помогая избежать тяжелого течения.

В результате проведенного исследования было обнаружено, что у 37 пациентов основной группы имелись признаки компартмент-синдрома. Но надо отметить, что во всех случаях этот синдром был characterized как легкий. Не было выявлено случаев средней или тяжелой степени. У 23 человек подтверждение диагноза осуществлялось путем измерения показателей подфасциального давления с помощью методики Stryker. В остальных случаях ориентировались на клиническую картину.

Использовалась «классическая» методика БИОС, исключена фасциотомия футляров (превентивные меры).

Полученные результаты представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – ПФД (мм. рт. ст.) при имплантации БИОС

Вид исследования	Футляры голени			
	Передне-латеральный	Латеральный	Задний поверхностный	Задний глубокий
До имплантации фиксатора	7 ±0.3	6 ±0.3	7 ±0.3	6 ±0.3
После обработки канала для имплантации фиксатора	9 ±0.5	9 ±0.6	7 ±0.2	7 ±0.2
После имплантации фиксатора	17 ±0.5	15 ±0,5	7 ±0.2	7 ±0.2
Завершение операции	18 ±0.3	17 ±0.3	8 ±0.2	8 ±0.2
Через 24 часа после имплантации фиксатора	21 ±0.6	22 ±0.7	11 ±0.3	12 ±0.3

В таблице 4.2 приведены данные замеров в контрольной группе. Исходя из полученных результатов, отметим, что при стандартной технологии имплантации выявлено повышение ПФД в передне-латеральном и латеральном футлярах голени. В поверхностном и глубоком задних футлярах, данное давление (max 13 мм. рт. ст.) можно отнести к незначительному и границам нормы.

Изменения в переднелатеральном и латеральном футлярах имеют совсем другой характер. Если в период сразу после имплантации данные носят пограничный характер между верхней границей нормы и МГИС легкой степени, то через 24 после имплантации фиксатора ПФД соответствует уже легкой степени МГИС.

Полученные результаты ПФД (Таблица 4.2) показали, что для профилактики МГИС не всегда необходима декомпрессия заднего поверхностного и заднего глубокого футляров.

Более выраженные изменения в данных футлярах, соответствующие легкой форме МГИС можно объяснить как значительно меньшим объёмом данных футляров, их формой (вытянутой на всем протяжении), так и тем, что границами данных футляров на большом протяжении являются большеберцовая и малоберцовая кости. В процентном отношении соотношение мягкие ткани/кость, данные футляры имеют наибольшее соотношение площади костной ткани по отношению к мягким тканям.

4.2. Прогнозирование развития и течения компартмент-синдрома

Своевременное и квалифицированное оказание медицинской помощи пострадавшим с травмами нижних конечностей на догоспитальном этапе предупреждает развитие острого компартмента-синдрома, а в случае открытых повреждений – нагноения, развития посттравматического остеомиелита и других осложнений. Перечисленные факторы могут существенно влиять на сроки восстановления трудоспособности.

Нередко ишемическая контрактура Фолькмана на ранних стадиях часто остается недиагностированным синдромом, что может привести к существенным долгосрочным последствиям. Кроме этого, в МКБ-10 предусмотрен специальный шифр – Т79.6, для фиксации данного состояния.

При развитии осложнений может потребоваться продолжительное лечение, а некоторые последствия могут быть необратимыми. Ишемическая контрактура Фолькмана - это серьезное заболевание, которое требует немедленного вмешательства специалистов.

Важно проводить своевременную диагностику и лечение МГИС, чтобы предотвратить возможные осложнения и сохранить функциональность тканей. Регулярное наблюдение за состоянием пациента, комплексное лечение и реабилитация играют важную роль в управлении этим состоянием.

С. С. Страфун с соавт. (2007) выделяют следующие стадии данного процесса - стадия обратимых нарушений кровоснабжения (до 3 суток), следующий - острый период (до 4-6 недель), реактивно-восстановительный период (до 18 месяцев), после которого наступает резидуальная стадия (Страфун С. С. с соавт., 2014).

В стадиях обратимого нарушения кровоснабжения и острого периода МГИСа, пациенты находились на лечении в стационаре или в поликлинике под наблюдением травматолога и невролога. Санаторно-курортное лечение применялось в основном на этапе реактивно-восстановительного периода, реже в резидуальной стадии.

Ранний стабильный остеосинтез фрагментов – важнейший фактор в лечении переломов костей конечностей, осложненных МГИС. Выбор метода остеосинтеза должен осуществляться с учетом степени тяжести ишемии.

При МГИС легкой степени (20–45 мм. рт. ст.), рекомендован внешний или внутренний остеосинтез с непрерывным мониторингом ПФД, что необходимо для предупреждения прогрессирования патологии и приводит к более эффективному заживлению перелома. Выбор оптимального плана лечения осуществляется с учетом индивидуальных особенностей больного и возможных осложнений.

Более выраженный МГИС (80 мм. рт. ст. и выше) требует аппаратных методов фиксации и проведения дерматофасциальной декомпрессии с ревизией сосудисто-

нервных пучков. Этот метод является оптимальным в случаях, когда необходимо обеспечить адекватное кровоснабжение и уменьшить давление в пораженных тканях. Важно также учитывать доступы для проведения фасциотомии, что способствует улучшению процесса заживления и предотвращает возможные осложнения.

При средней степени мягкотканевой ишемии голени (от 45 до 80 мм. рт. ст.) эффективным методом остеосинтеза является внешний или комбинированный подход с одновременной декомпрессией пораженных тканей. Этот комплексный подход способствует не только улучшению кровоснабжения, но и повышает шансы на полное восстановление функции конечности. Предварительное планирование доступов для фасциотомии играет ключевую роль в успешном лечении и предотвращении осложнений.

Таким образом, выбор метода лечения мягкотканевой ишемии голени должен быть обоснованным и индивидуально подходить к каждому клиническому случаю, учитывая степень поражения и общее состояние пациента. Необходимость комплексного подхода, сочетающего остеосинтез, декомпрессию и фасциотомию, существенно увеличивает успех лечения и снижает риск осложнений.

Как правило, начальные этапы МГИС допускают консервативные методы лечения, но при дальнейшем прогрессировании синдрома до третьей степени возникала неотложная необходимость в проведении оперативного вмешательства - фасциотомии.

Важно отметить, что компартмент-синдром характеризуется повышенным давлением в мышечных отделах, что может привести к осложнениям в кровообращении и нервной системе. На первых этапах заболевания важно своевременно выявлять и контролировать симптомы, чтобы предотвратить прогрессирование синдрома. В случае его обострения или перехода на более высокий уровень, необходимо принимать решение о наиболее эффективном методе лечения, включая возможность оперативного вмешательства.

Следует вспомнить крылатое выражение Брунса – «при развитии контрактуры Фолькмана, борьба с ишемией уже проиграна». Поэтому главной задачей современного уровня развития медицины является профилактика развития МГИС, так как при развитии данного синдрома остается минимальное количество времени для его купирования.

Исследования показывают, что соблюдение европейских стандартов важно при проведении декомпрессии при компартмент-синдроме. Согласно этим стандартам, отводится 6 часов на процедуру (3 часа на консервативное лечение и до 3 часов на декомпрессию) [21, 42].

Для принятия решения о необходимости проведения фасциотомии и выбора оптимального метода важно обращаться к прогностическому индексу, разработанному Страфуном С. С. Этот индекс поможет оценить степень риска и выбрать наиболее подходящий план лечения, учитывая индивидуальные особенности пациента и характер травмы. В итоге, комплексный подход к лечению переломов сращения, включая учет всех факторов и использование современных методов диагностики и лечения, позволит достичь наилучших результатов и ускорить процесс выздоровления.

Исследования также подчеркивают, что раннее выявление признаков замедленного сращения и рубцово-фиброзного перерождения позволяет своевременно корректировать лечебные мероприятия и минимизировать риски осложнений. С учетом всех вышеперечисленных факторов, врачи могут эффективно управлять процессом лечения и обеспечивать наилучшие результаты для пациентов.

С. С. Страфун и А. В. Ткач (2014) предлагают комплексную систему - математическое прогнозирование, основанное на вероятностном математическом анализе Е. В. Гублера, что позволяет рассчитать вероятности развития патологических процессов. В систему входят Байесовские алгоритмы анализа данных, что позволяет предсказывать вероятность возникновения патологии, с учетом большого числа факторов, оказывающих влияние на данный процесс. Это

позволяет более точно прогнозировать и анализировать возможные последствия травматических процессов и их воздействие на организм.

Таким образом, метод математического прогнозирования на основе вероятностного анализа и Байесовских алгоритмов является эффективным инструментом для предсказания развития патологий и помогает в принятии обоснованных медицинских решений. Такой комплексный подход позволяет более точно прогнозировать возможные последствия и развитие заболеваний у пациентов.

Методика Е. В. Гублера позволяет выявлять закономерности и тенденции в изменениях данных, а также прогнозировать возможные результаты. С помощью методики Гублера исследователи могут проводить более детальный анализ данных, выделяя важные моменты и пропущенные элементы. Это помогает лучше понять характер изменений в последовательностях и принимать обоснованные решения на их основе.

Оценка информативности признаков проводилась по формуле 4.1:

$$J(x) = 100 \lg \frac{P(x_j/A1)}{P(x_j/A2)} \cdot \frac{P(x_j/A1) - P(x_j/A2)}{2}, \quad (4.1)$$

где - $J(x)$ – информационная ценность признака;

$P(x_j/A1)$ – условная вероятность информационной группы j признака x в группе больных с наличием МГИС ($A1$);

$P(x_j/A2)$ - условная вероятность информационной группы j признака x в контрольной группе $A2$.

Неоднородная последовательная процедура, предложенная Гублером, открывает новые перспективы для изучения различных явлений и является важным инструментом в анализе данных. Аналитики и исследователи могут успешно применять этот подход для выявления закономерностей и прогнозирования развития

событий. Высокая вероятность тяжелых форм МГИС рассчитывалась по прогностическим коэффициентам (ПК) различных параметров по методике А. А. Генкина и Е. В. Гублера по формуле 4.2.

$$ПК(x_j) = 100 \lg \frac{P(x_j/A1)}{P(x_j/A2)}, \quad (4.2)$$

где - $ПК(x_j)$ – прогностический коэффициент для определенного значения диагностического параметра [65];

$P(x_j/A1)$ – условная вероятность информационной группы j признака x в группе больных с наличием МГИС ($A1$);

$P(x_j/A2)$ - условная вероятность информационной группы j признака x в контрольной группе $A2$.

Для каждого фактора определяли коэффициент риска развития МГИС от -120 (min) до $+100$ n(max).

В результате исследования выделены три группы пациентов:

- сниженного риска: $-120,0$ до -50 ;
- среднего риска (вероятности): $-49,9$ до $+30$;
- повышенного риска: $+30,1$ до $+100$.

Простота и возможность применения данной системы прогнозирования на любом периоде диагностики и лечения МГИС позволяют применить в клинической практике. На основании проведенных клинических исследований определения подфасциального давления нами было выявлено (представлено на Рис.5.4.–5.7) увеличение подфасциального давления в переднелатеральном и латеральном футлярах во всех клинических наблюдениях, где был верифицирован МГИС. Повышение подфасциального давления в заднем поверхностно и глубоком футлярах отмечалось нами не во всех случаях. А в тех случаях, где оно было отмечено уровень

как правило был не критичным, требующим хирургического лечения. На основании вышеизложенного нами были выработаны следующие рекомендации. В группе сниженного риска фасциотомия нецелесообразна; при среднем риске – целесообразна закрытая профилактическая фасциотомия; переднелатерального и латерального футляров; при повышенном риске обязательна профилактическая фасциотомия всех 4 футляров голени. Коэффициенты прогноза развития МГИС представлены в таблице 4.3.

Приведем пример расчета прогностических индексов.

Пострадавший с электротравмой ($45+52 = +97$), возраст до 20 лет (+18), повреждено по два сегмента верхних конечностей ($2 * 9 = +18$), доставлен в лечебное учреждение более чем 1 час после травмы (+4). Суммарно прогностический коэффициент +137, что позволяет предположить развитие МГИС с высокой степенью вероятности на этапе поступления в лечебное учреждение, не дожидаясь развития клинической картины МГИС.

Вторым примером расчета прогностического индекса: пациент в возрасте 30 лет (+3), доставлен по поводу перелома с/3 большеберцовой кости (другие травмы +14), уровень систолического АД 120 мм. рт. ст. (-15), количество поврежденных сегментов – 1 сегмент (-17), обращение за медицинской помощью – через 5 часов (+4), транспортная иммобилизация наложена машиной скорой помощи (-20), после травмы не было функциональных нагрузок на поврежденную конечность (-13), длительность повреждения магистральных сосудов – нет (-25), сдавление тканей – нет (-29). Суммируя индексы, мы получили уровень -98,

Важно продолжать исследования в данной области для того, чтобы лучше понять взаимосвязь между проведением БИОС, подфасциальным давлением и клиническими показателями.

Таблица 4.3 - Прогностические коэффициенты диагностики МГИС при различных травмах [43]

Признак	Информационная группа	Коэффициенты	
		Прогностические	Информативности
Возраст (лет)	До 20	+18	2,7
	21 – 50	+2	
	Старше 50	-21	
Причина травмы	Плановые операции	-34	3,9
	Инфицирование раны	+8	
	Электротравма	+45	
	Ожоги	+52	
	Другие травмы	+14	
Уровень систолического АД (мм рт. ст.)	До 120 (или шок)	+22	2,1
	120-140	-15	
	>140	-5	
Количество поврежденных сегментов	1 конечность - 1 сегмент	-17	1,3
	1 конечность - 2 сегмента	+9	
	2 конечности	+4	
Срок обращения за медицинской помощью	До 1 ч	-22	3,7
	1–6 ч	+4	
	7–24 ч	+16	
	более 24 ч	+26	
Использование кровоостанавливающих жгутов (длительность)	До 1 ч	-12	1,9
	1–4 ч	+14	
	Более 4 ч	+40	
Транспортная иммобилизация	Отсутствие	+16	0,8
	Наличие	-20	
Функциональные нагрузки на поврежденную конечность	Нет	-13	1,4
	Есть	+15	
Повреждение магистральных сосудов (длительность)	Нет	-25	4,0
	До 2 ч	-8	
	2-6 ч	+6	
	Более 6 ч	+47	
Наличие сдавления тканей	Нет	-29	2,0
	Кратковременное	-9	
	Синдром длительного сдавления	+32	
Уровень подфасциального давления (мм рт. ст.)	До 20	-22	5,1
	20–30	+8	
	Более 30	+27	
Аэроионные пробы	Норма	-34	6,5
	Повышение CO ₂	+5	
	Повышение H ₂ S	+9	
	Повышение NH ₃	+65	
	Снижение O ₂	+12	

Предстоящие исследования могут пролить свет на новые аспекты воздействия БИОС и его последствий для организма. При изучении воздействия закрытой репозиции с последующим проведением биоосмоса на увеличение давления внутри футляра (ПФД), необходимо обратить внимание на то, что данное явление проявляется в различных областях ноги. Особенно выделяются переднелатеральный и латеральный футляры, где повышение давления может привести к развитию миофасциального глубокого инфицированного синдрома (МГИС) и связанных с ним осложнений (Рисунок 4.1). Однако, в заднем поверхностном и глубоком футлярах голени увеличение ПФД не требует специализированного лечения. После декомпрессии давление внутри футляра умеренно возрастает, оставаясь в пределах нормы и не требуя дополнительных терапевтических мер.



Рисунок 4.1 - Внешний вид оперированной конечности по стандартной технологии БИОС. Определяется выраженный отёк

Новая методика профилактики механической глубокой инфекции суставов (МГИС) представляет собой инновационный подход, который демонстрирует значительную эффективность в сравнении с традиционными методами предотвращения этого заболевания. В отличие от стандартных подходов, данный метод не наносит лишних повреждений тканям и не требует изменений в процессе имплантации блокируемого интрамедуллярного фиксатора. Более того, он минимизирует риск осложнений и не увеличивает вероятность появления дополнительных проблем после процедуры.

Таким образом, данная инновационная методика представляет собой перспективное направление в области профилактики МГИС, обещающее значительное снижение заболеваемости и смертности от этого заболевания. Важно отметить, что новый подход не только эффективен, но и более безопасен для пациентов, что делает его особенно привлекательным для внедрения в клиническую практику.

Процесс восстановительного лечения требует выполнения определенных методологических положений. Одно из них – это диагностическая интеграция всех факторов, влияющих на функциональные возможности пострадавшего. При этом диагностический процесс должен быть экспрессивным, максимально неинвазивным и достаточно объективным [14]. Не всегда можно провести грань между профилактикой и лечением, а тем более – между лечением и реабилитацией. Эта неясность мешает делу, а иногда имеет что-то общее со схоластикой. Успех любой реабилитации зависит от учета клинико-лабораторных и психосоциальных факторов.

При планировании реабилитационного процесса на каждом уровне обязательно необходимо определить цель, прогноз, а также маршрут. Восстановительное лечение следует начинать сразу после получения травмы [5].

Кроме того, большинство ученых считают, что восстановительный процесс должен быть непрерывным. При этом необходимо использовать все диагностические и лечебные возможности медицинских учреждений. Специалисты считают, что

нацеленность реабилитационного процесса с акцентированием на определенные функциональные расстройства, обычно приводит к улучшению результатов восстановительного лечения [159].

Есть данные, свидетельствующие, что проведение полноценного восстановительного лечения базируется на основном положении, а именно на индивидуальной и последовательной медицинской реабилитации. Учитывая это, разработка алгоритма восстановительного лечения должна быть ориентированным на конкретного пострадавшего с сохранением всех главных принципов медицинской реабилитации. Кроме этого, традиционно считается, что создание у пострадавшей мотивации к самостоятельному использованию реабилитационных технологий и активное участие, сотрудничество с врачами облегчает выполнение реабилитационных задач и программы в целом.

Ведущая роль в реализации данной программы принадлежит реабилитологу и ортопеду-травматологу, которые, организуя процесс восстановительного лечения, привлекают соответствующих специалистов и используют все возможные диагностические и лечебные мероприятия. В источниках литературы в последнее десятилетие введено понятие «качество жизни» [14].

На него необходимо ориентироваться, оценивая эффективность восстановительного лечения.

На основании анализа научной информации выделяют основные четыре этапа восстановительного лечения: догоспитальный, реанимационный, госпитальный, реабилитационный. На первом этапе выполняют обезболивание, наложение жгута для остановки кровотечения, иммобилизующих шин, противошоковые меры, правильную транспортировку пострадавших в стационар.

На втором этапе проводят комплекс лечебных мероприятий, направленных на борьбу с шоком, обеспечивающим выбор срока, объем и очередность хирургических вмешательств. В травматологическом стационаре особое внимание необходимо уделять диагностике и качеству хирургических и консервативных методов лечения,

которые завершаются полноценной рациональной иммобилизацией и внеочаговой фиксацией поврежденных сегментов на уровне реанимационного, а также стабильно функциональным остеосинтезом на уровне профильного этапа.

На третьем этапе выполняют хирургические вмешательства и профилактику осложнений, на четвертом – необходимый объем профилактических мер по предупреждению осложнений травматической болезни и последствий травм.

Восстановительный процесс можно разделить и на 6 этапов: помощь на месте события, транспортировка, специализированная помощь в больнице, амбулаторное лечение, профессиональная реабилитация, трудоустройство. Кроме этого, в процессе медицинской реабилитации необходимо использовать весь комплекс лечебных мер [5].

Распределение восстановительного лечения условно, а методы и средства реабилитации настолько тесно переплетаются, что практически объединяются в один непрерывный процесс. Ранние реабилитационные мероприятия органически переходят в лечебные действия, начиная с момента получения травмы, во время транспортировки и в стационаре.

Восстановительное лечение может быть трехэтапным, а именно: реанимационный, профильный и реабилитационный этапы. Встречается информация, что в медицинской реабилитации необходимо выделять следующие основные три этапа: специализированный стационар, специализированный реабилитационный центр или санаторий и отделение реабилитации поликлиники.

В некоторых источниках информации в восстановительном лечении пострадавших определяют и амбулаторный этап. Таким образом, этапное лечение включает: стационарный, амбулаторный и реабилитационный этапы. В дальнейшем на этапе амбулаторной реабилитации в поликлиниках по месту жительства проводят завершающее восстановительное лечение.

Определяющим фактором всего последующего восстановительно-реабилитационного лечения является этап лечения в остром периоде травмы [14].

Следующим необходимым этапом является восстановительное лечение в амбулаторных условиях.

Выделяют следующие виды реабилитационных программ и условия их проведения: стационарная (в том числе дневной стационар), амбулаторная (домашняя), программа реабилитационных центров [5].

Полученные результаты лечения показали, что при диафизарных переломах ББК и МГИС санаторно-курортное лечение эффективно в реактивно-восстановительном и резидуальном периодах. Пациенты отмечали значительное улучшение состояния, большую точность и легкость движений, повышалась физическая выносливость поврежденной конечности.

Таким образом, санаторно-курортное лечение показало существенную практическую значимость. Особенно выраженным эффект был в реактивно-восстановительном периоде, в этот момент лечение становится ключом к быстрому и качественному восстановлению пациентов после травмы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МГИС - это серьезное состояние, возникающее из-за увеличения давления в фасциальных футлярах конечностей. Этот синдром может привести к ухудшению кровоснабжения тканей из-за сжатия сосудов и нервов. При МГИС происходит нарушение кровотока и возможно развитие некроза тканей. Подобные случаи могут возникать в результате травм, переломов костей, сдавления конечности или даже после инъекций в мышцы. Важно знать, что МГИС требует немедленного вмешательства, так как недостаток кровоснабжения может привести к серьезным осложнениям, включая потерю конечности.

Лечение МГИС может включать в себя дренирование фасциальных отделов, снижение давления в тканях, а в некоторых случаях даже проведение операции для восстановления кровоснабжения. По этой причине, при первых признаках появления компартмент-синдрома нужно проводить энергичные лечебные мероприятия. МГИС легкой степени можно лечить консервативной терапией, что в большинстве случаев мы и проводили в нашей практике.

В патогенезе возникновения компартмент-синдрома участвуют как экзогенные, так и эндогенные факторы. Первичной причиной, без сомнения является травма сегментов конечностей. В результате в условиях ограниченных фасциальных футляров происходит не только дефект костной ткани, нарушающий опорную функцию конечности, но и многочисленные гематомы и локальные нарушения кровообращения, которые в условиях ограниченного фасциального пространства вызывают значительное повышение давления.

Изучение динамики давления внутри футляра после проведенных манипуляций демонстрирует влияние закрытой репозиции и биоосмоса на состояние тканей и сосудов в области голени. По всей видимости, наблюдаемый эффект повышения давления в переднелатеральной и латеральной зонах связан с

особенностями кровообращения и функционального состояния тканей этих областей.

Фасции голени, по причине значительной нормальной физиологической нагрузки, отличаются повышенной прочностью и достаточной толщиной, для обеспечения нормального прямохождения организма. На мышцы и фасции голени в обычном физиологическом состоянии приходится наибольшая нагрузка веса тела. При травме большеберцовой кости значительно нарушается кровоток по глубоким сосудам голени, особенно страдают глубокие вены на уровне икроножных мышц. Венозный стаз также вкладывает свою лепту в увеличение подфасциального давления. Вынужденное пассивное положение конечности не улучшает кровообращения в травмированном сегменте, мышечный венозный насос не может работать, что также усугубляет дальнейшее положение.

Ни в одной другой части тела нет сочетания таких факторов, как ограниченное развитое фасциальное пространство, большой объем мышечной ткани, обеспечивающий нормальное функционирование тела, зависимость кровообращения сегмента от активных движений, наибольшая величина венозного давления в норме. Травма любого вида в этой области является серьезным фактором дисбаланса кровообращения. Повторные травмы и повторные операции могут только усугубить состояние.

МГИС может иметь тяжелые последствия, такие как замедленное сращение, образование ложного сустава, инфекционные осложнения, неврологические нарушения, мышечная дисфункция. Следует помнить, что МГИС также может вызвать остеомиелит и привести к развитию выраженных неврологических дефицитов, что ухудшает состояние пациента. Критические случаи МГИС могут даже требовать необходимости проведения ампутации пораженных конечностей.

Помимо непосредственных осложнений, связанных с МГИС, важно отметить, что из-за рубцово-фиброзных перерождений мягких тканей, функциональность пораженных областей существенно уменьшается. Это может серьезно повлиять на

обычный образ жизни пациента и создать дополнительные проблемы в повседневной деятельности. Кроме того, такие изменения в тканях могут вызвать постоянные боли и дискомфорт, что сильно ухудшает качество жизни. Это создает дополнительные проблемы для пациентов и требует комплексного подхода к лечению.

Важно принимать во внимание, что МГИС требует комплексного и длительного лечения, включающего медикаментозную терапию, физиотерапию и, в некоторых случаях, хирургическое вмешательство. Раннее выявление и своевременное устранение этого синдрома могут значительно снизить риск возникновения осложнений и улучшить прогноз для пациента.

Таким образом, важно учитывать не только сам факт повышения давления внутри футляра после проведения определенных процедур, но и его разнообразные проявления в различных зонах ноги. Это позволит более точно определить риски и потенциальные осложнения, связанные с изменениями в давлении в этих областях, и разработать более эффективные методы профилактики и лечения подобных состояний.

Одним из важных аспектов является контроль уровня давления после оперативного вмешательства, так как стабильные показатели могут указывать на успешное лечение и отсутствие необходимости в дополнительных процедурах.

При анализе результатов исследования, особое внимание следует уделить предупреждению возможных осложнений в переднелатеральном и латеральном футлярах, где наблюдается наибольшее влияние на уровень ПФД.

Методика профилактики местного гипертензионно-ишемического синдрома (МГИС), представленная в нашем исследовании и заключающаяся в превентивной фасциотомии демонстрирует значительную эффективность в сравнении с традиционными методами предотвращения этого заболевания. В отличие от стандартных подходов, данный метод не наносит лишних повреждений тканям и не требует изменений в процессе имплантации блокируемого интрамедуллярного

фиксатора. Более того, он минимизирует риск осложнений и не увеличивает вероятность появления побочных нежелательных эффектов после операции. Методика субфасциального рассечения с применением разработанного нами инструментария нуждается в широком внедрении в стандартную практику травматологических стационаров.

ВЫВОДЫ

1. Развитие компартмент синдрома после металлоостеосинтеза большеберцовой кости остается самым частым осложнением для данного типа вмешательств и верифицируется в 39,58% наблюдений, при проведении фасциотомии - в 0%; такое осложнения, как гематома, встречается в 14,58%, в свою очередь, при проведении фасциотомии гематома в 24,44%; замедленное сращение перелома, как осложнение регенерации костной ткани встречается в 10,42%, в свою очередь, замедленное сращение перелома при проведении фасциотомии верифицируется в 2,22% случаев.

2. Мониторинг субфасциального давления после операции на большеберцовой кости для предупреждения возникновения осложнений позволяет прогнозировать течение послеоперационного периода. Факторами риска при этом является повышение подфасциальное давление более 20 мм рт ст.

3. Одномоментное проведение фасциотомии при металлоостеосинтезе большеберцовой кости позволяет избежать развития компартмент синдрома.

4. При осуществлении фасциотомии осложнений в виде компартмент-синдрома, повреждений магистральных сосудов и инфекции области хирургического вмешательства не отмечено.

5. Проведение металлоостесинтеза большеберцовой кости с применением фасциотомии не сопровождается большим числом осложнений, что благоприятно сказывается на сроках госпитализации и последующей реабилитации пациентов. Наблюдались следующие виды осложнений гематома (6,67%), поверхностная инфекция области хирургического вмешательства (2,22%), глубокая инфекция области хирургического вмешательства (2,22%), замедленное сращение перелома (2,22%).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Использование блокируемого металлоостеосинтеза при диафизарных переломах большеберцовой кости является методом выбора. Предпочтение следует отдавать закрытой репозиции, с последующим проведением интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза.

2. После металлоостеосинтеза рекомендуется проведение профилактической или лечебной из хирургических доступов, примененных для имплантации металлоконструкции.

3. Наиболее оптимальным и безопасным способом проведения фасциотомии является разработанный нами полужакрытый метод с применением разработанного нами фасциотома.

4. Применение специального фасциотома нашей конструкции позволят избежать лишнего повреждение магистральных сосудов, а, следовательно, и исключить вероятность развития массивного кровотечения или образования гематомы.

5. После операции, в раннем послеоперационном периоде необходим мониторинг субфасциального давления, для чего можно использовать предложенный нами метод измерения субфасциального давления.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВФ – аппарат внешней фиксации

АД – артериальное давление

БИОС – блокируемый интрамедуллярный остеосинтез

БК - большеберцовая кость

БВ - блокируемый винт

ВАШ – визуально-аналоговая шкала

ВТД - внутритканевое давление

ДТП - дорожно-транспортное происшествие

ЖЕЛ - жизненная емкость легких

ИПМР - индивидуальная программа медицинской реабилитации

ЛФК - лечебная физическая культура

КТ – компьютерная томография

МГИС – местный гипертензионный ишемический синдром

МРТ – магнитно-резонансная томография

МК - малоберцовая кость

МИПО - малоинвазивный последовательный остеосинтез

ПФД – подфасциальное давление

ПК - прогностический коэффициент

АО/ASIF — ассоциация по изучению внутренней фиксации

KSS - балльная система оценки состояния пациентов до и после тотальной артропластики коленного сустава

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ регенеративного процесса в области перелома большеберцовой кости (экспериментальное исследование) / И. Ф. Ахтямов, Ф. В. Шакирова, Ю. А. Ключкина [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22, №. 1. – С. 100 - 107.
2. Анализ структуры переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости и лодыжек в городском многопрофильном стационаре / И. Г. Беленький, А. Ю. Кочиш, Б. А. Майоров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – Т. 1. – С. 79.
3. Артюшкевич, В. С. Травма как фактор риска для здоровья и жизни спортсменов / В. С. Артюшкевич // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. – 2014. – № 2. – С. 131-136.
4. Беленький, И. Г. Переломы мыщелков большеберцовой кости: современные подходы к лечению и хирургические доступы (обзор литературы) / И. Г. Беленький, А. Ю. Кочиш, М. А. Кислицын // Гений ортопедии. – 2016. – № 4. – С. 114-122.
5. Бондаренко, А. В. Остеосинтез переломов голени на втором этапе damage control (контроля повреждений) при политравме / А. В. Бондаренко, Р.Г. Гусейнов, И. А. Плотников // Политравма. – 2021. – №3. – С. 28-36. doi: 10.24412/1819-1495-2021-3-28-36
6. Борозда, И. В. Современные технологии остеосинтеза в лечении переломов голени и голеностопного сустава (учебное пособие) / И. В. Борозда. – Благовещенск, 2017. – 100 с.
7. Ванькович, П. Э. Современные этиопатогенетические и клинические аспекты лечения сегментарных и многооскольчатых переломов костей голени (обзор) / П. Э. Ванькович, О. П. Кезля // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2023. – Т. 22, № 3. – С. 29-37.

8. Восстановление покровных тканей у пострадавших с тяжелыми открытыми переломами костей голени / Е. Ю. Шибает, П. А. Иванов, А. П. Власов [и др.] // Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь. – 2014. – № 1. – С. 30-36.
9. Гладкова, Е. Н. Эпидемиологическое исследование остеопоротических переломов у жителей Среднего Урала старших возрастных групп / Е. Н. Гладкова, В. Н. Ходырев, О. М. Лесняк // Научно-практическая ревматология. – 2014. – Т. 52, № 6. – С.643–649.
10. Детская несмертельная дорожно-транспортная травма в Краснодаре за период 2015–2019 гг / С. А. Ануприенко, Е. С. Пронь, Ю. С. Бармакова, В. А. Породенко // Судебная медицина. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 10–20.
11. Елдзаров, П. Е. Ошибки и осложнения интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза / П. Е. Елдзаров, А. С. Зелянин, А. Д. Ямковой // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2012. – № 11. – С. 73-77.
12. Ермакова, М. А. Изучение показателей травматизма при различных видах физической нагрузки / М. А. Ермакова, Д. А. Пугачев, А. С. Золотарева // Результаты современных научных исследований и разработок. – 2018. – С. 306-308.
13. Закрытые переломы дистального отдела костей голени. Разнообразие форм и лечения (на примере старших возрастных групп). Ближайшие результаты / А. И. Дорохин, А. Крупаткин, А. А. Адрианова [и др.] // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 11-23.
14. Индиаминов, С. Повреждения структуры нижних конечностей у лиц пешеходов, пострадавших при автомобильной травме / С. Индиаминов, С. Гамидов // Журнал вестник врача. – 2022. – Т. 1, № 4. – С. 34–41.
15. Индиаминов, С. И. Характеристика повреждений у велосипедистов, пострадавших при наезде других транспортных средств сбоку корпуса движущихся

велосипедов / С.И. Индияминов, Х.Н. Абдумуминов, Ф.Х. Бойманов // Судебная медицина. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 57–65.

16. Итоги хирургического лечения переломов длинных трубчатых костей у пострадавших с политравмами / Е. К. Гуманенко, А. А. Хромов, В. А. Чапурин, Эсхан Уль Хак // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – №. 3. – С. 196-203.

17. К вопросу о фиксации малоберцовой кости при ее переломах, сочетающихся с переломами пилона / Б. А. Майоров, И. Г. Беленький, А. Ю. Кочиш, Ф. С. Григорян // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – С. 208-208.

18. Кавалерский, Г.М. Тактика ликвидации дефектов мягких тканей при лечении тяжелых открытых переломов длинных костей с применением перфторана / Г. М. Кавалерский, Н.В. Петров, С.В. Бровкин, П.И. Катунян // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2013. – № 4. – С. 14–17.

19. Климовицкий, В. Г. Наружный чрескостный остеосинтез при лечении внесуставных переломов костей голени: показания, осложнения, результаты применения / В. Г. Климовицкий, В. Ю. Черныш, Ф. В. Климовицкий // Травма. – 2016. – Т. 17, № 2. – С. 18-22.

20. Клышников, К. А. Комбинированный остеосинтез при лечении диафизарных переломов большеберцовой кости / К. А. Клышников, Н. В. Сазонова, А. В. Попков // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29, № 6. – С. 635-639. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-6-635-639

21. Малоинвазивный накостный остеосинтез при переломах дистального отдела голени и пилона. современное состояние проблемы (обзор литературы) [Электронный ресурс] / Б. А. Майоров, И. Г. Беленький, Г. Д. Сергеев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 6-2. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32112> (дата обращения: 08. 01. 2024).

22. Малышев, Е. Е. Выбор доступа при хирургическом лечении внутрисуставных переломов проксимального отдела большеберцовой кости / Е. Е. Малышев, И. А., Воронкевич, А. И. Втюрин // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 2. – С. 127-127.

23. Маркова, Е. В. Частота встречаемости различных травм при ДТП и механизмы их возникновения по материалам РКБ № 1 г. Ижевск / Е. В. Маркова, Е. А. Русанова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 4-2. – С. 218-218.

24. Марченко, А. С. Выбор способа блокированного интрамедуллярного остеосинтеза при переломах большеберцовой кости в свете топографо-анатомического исследования / А. С. Марченко, Н. Ф. Фомин, Ф. С. Григорян // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2021. – Т. 10, № 1. – С. 41-48. [doi: 10.18499/2225-7357-2021-10-1-41-48](https://doi.org/10.18499/2225-7357-2021-10-1-41-48)

25. Методы диагностики и предотвращения компартмент-синдрома при выполнении закрытого блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости / А. А. Тихоненко, А. В. Ткач, А. А. Тихоненко [и др.] // Таврический медико-биологический вестник. – 2022. – Т. 25, № 1. – С. 50-54. doi: 10.29039/2070-8092-2022-25-1-50-54

26. Остеосинтез по Илизарову как самодостаточный метод лечения переломов костей голени / А. А. Артемьев, Л. К. Брижань, Д. В. Давыдов [и др.], // Политравма. – 2021. – №. 1. – С. 51-59. doi: 10.24411/1819-1495-2021-10006

27. Острый внутритканевый гипертензионный синдром: диагностика и тактика лечения при закрытых диафизарных переломах костей конечностей / В. И. Иванов, Д. В. Иванов, А. Л. Елфимов [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2011. – С. 72.

28. Острый компартмент-синдром как осложнение переломов костей голени / О. П. Кезля, Л. В. Гивойно // Новости хирургии. – 2010. – № 4. – С. 146-156.

29. Паньков, И. В. Частота и характер повреждений у водителя и пассажира переднего сидения при несмертельной внутрисалонной травме в легковых автомобилях / И. В. Паньков, Б. А. Саркисян // Вестник судебной медицины. – 2020. – Т. 9, № 1. – С. 29.
30. Попков, А. В. Комбинированный остеосинтез при лечении диафизарных переломов большеберцовой кости / А. В. Попков // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29, № 6. – С. 635-639.
31. Результаты остеосинтеза оскольчатых переломов длинных трубчатых костей / А. А. Панов, В. А. Копысова, В. А. Каплун [и др.] // Гений ортопедии. – 2015. – № 4. – С. 10-16. doi: 10.18019/1028-4427-2015-4-10-16
32. Рентгеноморфологические особенности консолидации перелома диафиза большеберцовой кости при интрамедуллярном остеосинтезе спицами с покрытием из гидроксиапатита / А. В. Попков, Д. А. Попков, К. А. Дьячков [и др.] // Гений ортопедии. – 2015. – № 1. – С. 23 - 29.
33. Риск развития местного гипертензионного ишемического синдрома при травме / С. С. Страфун, А. В. Ткач, А. С. Страфун, А. П. Салий // Травма. – 2014. – Т. 15, № 3. – С. 5-10.
34. Селицкий, А. В. Алгоритм лечения сложных сегментарных и многооскольчатых диафизарных переломов большеберцовой кости / А. В. Селицкий, О. П. Кезля // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 287-300. doi: 10.29235/1814-6023-2020-17-3-287-300
35. Селицкий, А. В. Современные аспекты лечения сложных сегментарных и многооскольчатых диафизарных переломов большеберцовой кости (обзор литературы) / А. В. Селицкий, О. П. Кезля // Экстренная медицина. – 2015. – № 4. – С. 103-111.
36. Семенистый, А. А. Классификация и алгоритм лечения переломов проксимального отдела большеберцовой кости методом интрамедуллярного

остеосинтеза / А. А. Семенистый, Е. А. Литвина, А. Н. Миронов // Травматология и ортопедия России. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 42-52. doi: 10.21823/2311-2905-1699

37. Современные аспекты компартмент синдрома / А. Р. Булатов, И. В. Литвиненко, С. А. Живолупов, Н. А. Рашидов, Н. И. Рыжкова // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39, №. S3-2. – С. 29-31.

38. Современные тенденции развития накостного остеосинтеза длинных трубчатых костей / А. С. Панкратов, А. А. Рубцов, Д. А. Огурцов [и др.] // Наука и инновации в медицине. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 281-288. doi: 10.35693/2500-1388-2022-7-4-281-288

39. Состояние проблемы остеопороза в странах Евразийского региона / А.Г. Закроева, В. Н. Бабалян, Г. Х. Габдулина [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 19-29. doi: 10.14341/osteo12700

40. Спортивный травматизм. Профилактика и реабилитация / В. Бакулин, А. Богачев, И. Грецкая, М. Богомолова. – Litres, 2022. – 190 с.

41. Страфун, С. С. Профилактика и лечение ишемических контрактур кисти: (экспериментально-клиническое исследование) : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22 / Страфун Сергей Семенович. - Киев. НИИ ортопедии. - Киев, 1991. - 18 с.

42. Страфун, С. С. Профилактика, диагностика и лечение ишемических контрактур кисти и стопы / С. С. Страфун // Вестник ортопедии и протезирования. – 2002. – № 2. – С. 85-88.

43. Технологии лечения местного гипертензионного ишемического синдрома при повреждении голени / А. В. Плоткин, А. В. Ткач, П. Н. Федulichев, А. Г. Дворский // Медицина катастроф. – 2016. – № 3(95). – С. 32-35.

44. Ткач, А. В. Структурные изменения скелетных мышц при местном гипертензионном ишемическом синдроме / А. В. Ткач, А. В. Плоткин // Морфология. – 2018. – Т. 153, № 1. – С. 49 - 54.

45. Хоминец, И. В. Биомеханическое обоснование использования двухрядной пластины LCP при диафизарных переломах / И. В. Хоминец, К. Д.

Мамедов, А. Л. Кудяшев // Известия Российской военно-медицинской академии. – 2019. – Т. 2, S1. – С. 248 - 253.

46. Храмцова, Н. А. Факторы риска переломов у мужчин старше 45 лет / Н. А. Храмцова, Е. Ю. Орлова // Забайкальский медицинский вестник. – 2020. – № 3. – С. 52-57.

47. Частота, профилактика и лечение ложных суставов у пострадавших с сочетанными и множественными травмами нижних конечностей / Х. Н. Назаров, С. А. Линник, Д. С. Мусоев, Р. Р. Мирзоев // Медицинский вестник Национальной академии наук Таджикистана. – 2016. – № 4. – С. 63-69.

48. A clinical comparative study of intramedullary nailing and minimally invasive plate osteosynthesis for extra-articular distal tibia fractures / C. Wang, Q. Huang, D. Lu [et al.] // American Journal of Translational Research. – 2023. – Vol. 15, № 3. – P. 1996.

49. A prospective randomized study on operative treatment for simple distal tibial fractures—minimally invasive plate osteosynthesis versus minimal open reduction and internal fixation / J. W. Kim, H. U. Kim, C. W. Oh [et al.] // Journal of Orthopaedic Trauma. – 2018. – Vol. 32, № 1. – P. e19-e24. doi: 10.1097/BOT.0000000000001007

50. A systematic review and meta-analysis of functional outcomes and complications following external fixation or open reduction internal fixation for distal intra-articular tibial fractures: an update / J. L. Erichsen, P. I. Andersen, B. Viberg [et al.] // Eur J Orthop Surg Traumatol. – 2019. – Vol. 29, № 4. – P. 907-917. doi: 10.1007/s00590-019-02368-9.

51. A systematic review of fasciotomy in chronic exertional compartment syndrome / A. Ding, M. Matthew, O. Sarah, H. D. Alun // Journal of Vascular Surgery. – 2020. – Vol. 72, № 5. – P. 1802-1812. doi: 10.1016/j.jvs.2020.05.030.

52. Acute Compartment Syndrome: Do guidelines for diagnosis and management make a difference? / D. Bodansky, A. Doorgakant, J. Alsousou [et al.] // Injury. – 2018. – Vol. 49, № 9. – P. 1699-1702. doi: 10.1016/j.injury.2018.04.020

53. Acute Extremity Compartment Syndrome and the Role of Fasciotomy in Extremity War Wounds / W. T. Gordon, M. Talbot, J. C. Shero [et al.] // *Mil Med.* – 2018. – Vol. 183, Suppl_2. – P. 108-111. doi: 10.1093/milmed/usy084.
54. Anneberg, M. Malalignment in plate osteosynthesis / M. Anneberg, O. Brink // *Injury.* – 2018. – Vol. 49, № 1. – P. 66-71. doi: 10.1016/S0020-1383(18)30307-3
55. Association between open tibia fractures and acute compartment syndrome: A retrospective cohort study / A. Gamulin, L. Wuarin, M. Zingg [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2022. – Vol. 108(5). – P. 103-188. doi: 10.1016/j.otsr.2021.103188.
56. Bacterial infection of fasciotomy wounds following decompression for acute compartment syndrome / E. M. Hines, S. Dowling, F. Hegerty [et al.] // *Injury.* – 2021. – Vol. 52, №. 10. – P. 2914-2919. doi:10.1016/j.injury.2021.06.018
57. Bear, J. Evolution in management of tibial pilon fractures / J. Bear, N. Rollick, D. Helfet // *Curr Rev Musculoskelet Med.* – 2018. – Vol. 11, № 4. – P. 537-545. doi: 10.1007/s12178-018-9519-7.
58. Bel, J. C. Pitfalls and limits of locking plates / J. C. Bel // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2019. – Vol. 105, 1S. – P. 103-109. doi: 10.1016/j.otsr.2018.04.031
59. Biomechanical study of minimally invasive techniques in surgical treatment of the tibia proximal epimetaphysis fractures / Y. Sobolevskiy, O. A. Burianov, V. Kvasha [et al.] // *Wiad Lek.* – 2023. – Vol. 76, № 8. – P. 1768-1775. doi: 10.36740/WLek202308110.
60. Bottlang, M. Biomechanics of far cortical locking / M. Bottlang, F. Feist // *J Orthop Trauma.* – 2011. – Vol. 25, Suppl. 1. – P. 21-28. doi: 10.1097/BOT.0b013e318207885b.
61. Bridge plating versus hybrid external fixation in the management of proximal tibia metaphyseal fractures / R. Saini, A. Sharma, S. S. Sidhu, K. S. Rathore // *Cureus.* – 2023. – Vol. 15, № 3. - e36331. doi: 10.7759/cureus.36331.

62. Broadhurst, P. K. Compartment syndrome: Neuromuscular complications and electrodiagnosis / P. K. Broadhurst, L. R. Robinson // *Muscle Nerve*. – 2020. – Vol. 62, № 3. – P. 300-308. doi: 10.1002/mus.26807.
63. Characteristics and proposed classification system of posterior pilon fractures / J. Zhang, H. Wang, C. Pen [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2019. – Vol. 98, № 3. – e14133. doi: 10.1097/MD.00000000000014133.
64. Classifications in brief: ruedi-allgower classification of tibial plafond fractures / T. D. Luo, J. M. Eady, A. Aneja, A. N. Miller // *Clin Orthop Relat Res*. – 2017. – Vol. 475. – P. 1923 – 1928. doi: 10.1007/s11999-016-5219-z
65. Closed tibial shaft fractures treated with the ilizarov method: a ten year case series / J. D. May, T. Paavana, J. McGregor-Riley, S. Royston // *Injury*. – 2017. – Vol. 48, № 7. – P. 1613-1615. doi: 10.1016/j.injury.2017.05.019.
66. Comparative study of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) and intramedullary nailing (IMN) for treating extraarticular distal tibial fractures: clinical and radiological outcomes / O. Kaya, H. B. Tosun, H. Kürüm [et al.] // *Med Sci Monit*. – 2023. – Vol. 29. – e942154. doi: 10.12659/MSM.942154.
67. Comparison of intramedullary nailing and minimal invasive plate osteosynthesis in the treatment of simple intra-articular fractures of the distal tibia (AO-OTA type 43 C1-C2) / O. Beytemür, A. Barış, C. Albay [et al.] // *Acta Orthop Traumatol Turc*. – 2017. – Vol. 51, № 1. – P.12-16. doi: 10.1016/j.aott.2016.07.010.
68. Comparison of intramedullary nailing fixation and percutaneous locked plating fixation for the treatment of proximal tibial fractures: A meta-analysis / C. Ren, M. Li, L. Sun [et al.] // *J Orthop Surg (Hong Kong)*. – 2021. – Vol. 29, № 2. – P.23094990211024395. doi: 10.1177/23094990211024395.
69. Compartment syndrome of the foot: an evidence-based review/ C. Lutter, V. Schoeffl, T. Hotfiel [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2019. – Vol. 58, № 4. – P. 632 - 640. doi:10.1053/j.jfas.2018.12.026

70. Complex proximal tibia fractures: workup, surgical approaches, and definitive treatment options / N. C. Tejwani, M. Archdeacon, E. Harvey [et al.] // Instr Course Lect. – 2020. – Vol. 69. – P. 449-464.
71. Complications and subsequent surgery after intra-medullary nailing for tibial shaft fractures: Review of 8110 patients / L. A. M. Hendrickx, J. Virgin, M. P. J. van den Bekerom [et al.] // Injury. – 2020. – Vol. 51(7). – P. 1647-1654. doi: 10.1016/j.injury.2020.04.021.
72. Cone, J. Lower extremity compartment syndrome / J. Cone, K. Inaba // Trauma Surg Acute Care Open. – 2017. – Vol. 2, № 1. – e000094. doi: 10.1136/tsaco-2017-000094.
73. Conventional Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) Compared to Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) for Treatment of Extra-Articular Distal Tibia Fractures – A Prospective Randomized Trial / A. Ahmed, T. A. A.-D. Khalifal, H. Tammam [et al.] // Ortho & Rheum Open Access J. – 2019. – Vol. 13, № 4. doi: 10.19080/OROAJ.2019.13.555867
74. Cortical bone blood flow in reamed and unreamed locked intramedullary nailing: a fractured tibia model in sheep / E. H. Schemitsch, M. J. Kowalski, M. F. Swiontkowski, D. Senft // Journal of Orthopaedic Trauma. – 1994. – Vol. 8, № 5. – P. 373 – 382. doi: 10.1097/00005131-199410000-00002.
75. Court-Brown, C. M. Epidemiology of adult fractures: a review / C. M. Court-Brown, B. Caesar // Injury. – 2006. – Vol. 37. – P. 691–697.
76. Decreasing incidence of tibial shaft fractures between 1998 and 2004: information based on 10,627 Swedish inpatients / R. J. Weiss, S. M. Montgomery, A. E. Zewar Al Dabbagh [et al.] // Acta Orthop. – 2008. – Vol. 79, № 4. – P. 526 - 533.
77. Decruz, J. Epidemiology of inpatient tibia fractures in Singapore - A single centre experience / J. Decruz, R. P. A. Rex, S. A. Khan // Chin J Traumatol. – 2019. – Vol. 22, № 2. – P. 99-102.

78. Diagnosing acute compartment syndrome – where have we got to? / T. E. McMillan, W. T. Gardner, A. H. Schmidt, A. J. Johnstone // *International orthopaedics*. – 2019. – Vol. 43. – P. 2429-2435.

79. Diagnosis and treatment of acute extremity compartment syndrome / A. G. von Keudell, M. J. Weaver, P. T. Appleton [et al.] // *Lancet*. – 2015. – Vol. 386, №10000. – P. 1299 - 1310. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00277-9.

80. Dunphy, L. Rhabdomyolysis-induced compartment syndrome secondary to atorvastatin and strenuous exercise / L. Dunphy, R. Morhij, S. Tucker // *BMJ Case Rep*. – 2017. – Vol.2017. – bcr2016218942. doi: 10.1136/bcr-2016-218942.

81. Eceviz, E. Shoelace Technique Plus Negative-Pressure Wound Therapy Closure in Fasciotomy Wounds / E. Eceviz, H. B. Çevik // *Adv Skin Wound Care*. – 2020. – Vol. 33, № 9. – P. 497-500. doi: 10.1097/01.ASW.0000672492.38463.58.

82. Effectiveness of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) on comminuted tibial or femoral fractures / A. Andalib, E. Sheikhabaei, Z. Andalib, M. A. Tahririan // *Arch Bone Jt Surg*. – 2017. – Vol. 5, № 5. – P. 290-295.

83. Efficacy of far cortical locking screws in treating distal tibia fractures in comparison with that of standard locking screws / D.-O. Lee, H. W. Kang, D.-Y. Kim [et al.] // *J Foot Ankle Surg*. – 2023. – Vol. 62(3). – P. 422-425. doi: 10.1053/j.jfas.2022.10.006.

84. Epidemiology of open tibia fractures in a population-based database: update on current risk factors and clinical implications / C. D. Weber, F. Hildebrand, P. Kobbe [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg*. – 2019. – Vol. 45, № 3. – P. 445 – 453. doi: 10.1007/s00068-018-0916-9.

85. Epidemiology of open tibia fractures presenting to a tertiary referral centre in southern malawi: a retrospective study / K. Mwafulirwa, R. Munthali, I. Ghosten, A. Schade // *Malawi Med J*. – 2022. – Vol. 34, № 2. – P. 118-122. doi: 10.4314/mmj.v34i2.7.

86. Evaluation of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis in treatment of distal tibial fractures / M. M. Mar'ei, R. H. El-Kady, S. M. El-Aidy, K. M. M.

Al-Banna // The Egyptian Journal of Hospital Medicine. – 2020. – Vol. 78, № 2. – P. 220-226.

87. Extremity compartment syndrome / M. Schellenberg, V. Chong, J. Cone, J. Keeley, K. Inaba // *Curr Probl Surg.* – 2018. – Vol. 55, № 7. – P. 256 - 273. doi: 10.1067/j.cpsurg.2018.08.002.

88. Factors associated with surgical site infections after fasciotomy in patients with compartment syndrome / N. Merchan, B. Ingalls, J. Garcia [et al.] // *JAAOS Global Research & Reviews.* – 2022. – Vol. 6, № 2. – P. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-22-00002.

89. Fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome of the leg: clinical outcome in a large retrospective cohort / J. P. H. Tam, A. G. F. Gibson, J. R. D. Murray, M. Hassaballa // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2019. – Vol. 29, № 2. – P. 479 - 485. doi: 10.1007/s00590-018-2299-3.

90. Fleming, J. J. Intramedullary nailing of fibular fractures / J. J. Fleming // *Clin Podiatr Med Surg.* – 2018. – Vol. 35(2). – P. 259-270. doi: 10.1016/j.cpm.2017.12.008.

91. Fouasson-Chailloux, A. Evaluation of strength recovery after traumatic acute compartment syndrome of the thigh. A Case Study / A. Fouasson-Chailloux, P. Menu, M. Dauty // *Ortop Traumatol Rehabil.* – 2017. – Vol. 19 (4). – P. 379-382. doi: 10.5604/01.3001.0010.4647.

92. Fusion versus fixation in complex comminuted C3-type tibial pilon fractures: a systematic review / Y. P. Chaudhry, E. Papadelis, H. Hayes [et al.] // *Patient Saf Surg.* – 2021. – Vol. 15, № 1. – P. 35. doi: 10.1186/s13037-021-00298-2.

93. Fusobacterium emphysematous pyomyositis with necrotizing fasciitis of the leg presenting as compartment syndrome: a case report / E. Smith-Singares, J. Adjei Boachie, I. M. Iglesias [et al.] // *J Med Case Rep.* – 2017. – Vol. 11, № 1. – P. 332. doi: 10.1186/s13256-017-1493-y.

94. Gaulke, R. Pilon-tibiale-Frakturen : Vermeidung und Behandlung von Komplikationen [Tibial pilon fractures : Avoidance and therapy of complications] / R.

Gaulke, C. Krettek // Unfallchirurg. – 2017. – Vol. 120(8). – P. 658-666. German. doi: 10.1007/s00113-017-0366-6.

95. Ghoneem, H. F. The use of twin-ring Ilizarov in the treatment of periarticular or intra-articular fractures of the tibia / H. F. Ghoneem, A. S. Omar, M. M. Mohammed // Menoufia Medical Journal. – 2019. – Vol. 32. – № 2. – P. 618.

96. Giglio, P. N. Advances in treating exposed fractures / P. N. Giglio, A. F. Cristante, J. R. Pécora [et al.] // Rev Bras Ortop. – 2015. – Vol. 50, № 2. – P. 125–130.

97. Hatz, B. A. Selective fasciotomy for acute traumatic lower leg compartment syndrome: is it feasible? / B. A. Hatz, H. Frima, C. Sommer // Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. – 2019. – Vol. 139. – P. 1755-1762.

98. Ilizarov external fixation or locked intramedullary nailing in diaphyseal tibial fractures: a randomized, prospective study of 58 consecutive patients / T. Ramos, B. I. Eriksson, J. Karlsson, L. Nistor // Arch Orthop Trauma Surg. – 2014. – Vol. 134, № 6. – P. 793-802. doi: 10.1007/s00402-014-1970-3.

99. Impact of non-hip fractures in elderly women: a narrative review / A. Charles, A. Mugisha, L. Iconaru [et al.] // Climacteric. – 2022. – Vol. 25, № 3. – P. 240-245. doi: 10.1080/13697137.2021.1998433.

100. Incidence and epidemiology of tibial shaft fractures / P. Larsen, R. Elsoe, S. H. Hansen [et al.] // Injury. – 2015. – Vol. 46. – P. 746–750.

101. Incidence of fractures requiring inpatient care / A. Somersalo, J. Paloneva, H. Kautiainen [et al.] // Acta Orthop. – 2014. – Vol. 85. – P. 525–530.

102. Individual risk factors for deep infection and compromised fracture healing after intramedullary nailing of tibial shaft fractures: a single centre experience of 480 patients/ W.-J. Metsemakers, K. Handojo, P. Reynders [et al.] // Injury. – 2015. – Vol. 46(4). – P. 740 - 745.

103. Insights into treatment and outcome of fracture-related infection: a systematic literature review / H. Bezstarosti, E. M. M. Van Lieshout, L. W. Voskamp [et al.] // Arch

Orthop Trauma Surg. – 2019. – Vol. 139, № 1. – P. 61-72. doi: 10.1007/s00402-018-3048-0.

104. Intramedullary nailing for tibial shaft fractures in adults / X. Duan, M. Al-Qwbani, Y. Zeng [et al.] // Cochrane Database Syst Rev. – 2012. – Issue 1 – CD008241. doi: 10.1002/14651858.CD008241.pub2.

105. Intramedullary nailing versus minimally invasive plate osteosynthesis for distal extra-articular tibial fractures: a prospective randomized clinical trial / A. Polat, O. Kose, K. Canbora, S. Yanik, F. Guler // J Orthop Sci. – 2015. – Vol. 20(4). – P. 695-701. doi: 10.1007/s00776-015-0713-9.

106. Intramedullary nailing versus minimally invasive plate osteosynthesis for distal tibial fractures: a systematic review and meta-analysis/ X. K. Liu, W. N. Xu, Q. Y. Xue, Q. W. Liang // Orthopaedic surgery. – 2019. – Vol. 11, № 6. – P. 954-965. doi: 10.1111/os.12575

107. Intramedullary pinning of diaphyseal fractures of both forearm bones in adults: 46 cases / M. B. E. Mseddi, O. Manicom, P. Filippini [et al.] // Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. – 2008. – Vol. 94(2). – P. 160-167. doi: 10.1016/j.rco.2007.11.006

108. Intraoperative fractures of the tibia and femur in knee revision surgery / M. Müller, U. Kahl, P.von Roth, R. Hube // Z Orthop Unfall. – 2023. – Vol. 161(1). – P. 85 - 91.

109. Intraoperative fractures sustained during total knee arthroplasty: a critical analysis review / A. Siddiqi, A. Ahmed, I. Pasqualini [et al.] // JBJS Rev. – 2023. – Vol. 11, № 6. – P 7-11. doi: 10.2106/JBJS.RVW.23.00010.

110. Kiel, J. Tibial Anterior Compartment Syndrome [Electronic source] / J. Kiel, K. Kaiser. In: StatPearls Treasure Island (FL). – StatPearls Publishing, 2023. - URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30085512/>

111. Kwok, C. S. Plate versus nail for distal tibial fractures: a systematic review and meta-analysis / C. S. Kwok, P. T. Crossman, C. L. Loizou // J Orthop Trauma. – 2014. – Vol. 28(9). – P. 542 - 548. doi: 10.1097/BOT.0000000000000068

112. Lai, T. C. Minimally invasive plate osteosynthesis for distal tibia fractures / T. C. Lai, J. J. Fleming // Clinics in podiatric medicine and surgery. – 2018. – Vol. 35, № 2. – P. 223 - 232. doi: 10.1016/j.cpm.2017.12.005
113. Liporace, F. A. Decisions and staging leading to definitive open management of pilon fractures: where have we come from and where are we now? / F. A. Liporace, R. S. Yoon // J Orthop Trauma. – 2012. – Vol. 26, № 8. – P. 488 – 498. doi: 10.1097/BOT.0b013e31822fbdbe.
114. Long, B. Evaluation and Management of Acute Compartment Syndrome in the Emergency Department / B. Long, A. Koyfman, M. Gottlieb // J Emerg Med. – 2019. – Vol. 56, № 4. – P. 386 - 397. doi: 10.1016/j.jemermed.2018.12.021.
115. Low compartment pressure and myoglobin levels in tibial fractures with suspected acute compartment syndrome / A. Nilsson, B. Alkner, P. Wetterlöv [et al.] // BMC musculoskeletal disorders. – 2019. – Vol. 20. – P. 1-7.
116. L'enclouage centromedullaire dans les fractures bifocales de la jambe: à propos de 16 cas [Intramedullary nailing in bifocal leg fractures: about 16 cases] / S. Zizah, R. Dolo, O. Elasil [et al.] // Pan Afr Med J. – 2017. – Vol. 28. – P. 139. French. doi: 10.11604/pamj.2017.28.139.3036.
117. Management of pilon fractures-current concepts / O. Mair, P. Pflüger, K. Hoffeld [et al.] // Front Surg. – 2021. – Vol. 8. – P. 764232. doi: 10.3389/fsurg.2021.764232.
118. Managing missed lower extremity compartment syndrome in the physiologically stable patient: A systematic review and lessons from a Level I trauma center / G. E. Glass, R. M. T. Staruch, J. Simmons [et al.] // J Trauma Acute Care Surg. – 2016. – Vol. 81, № 2. – P. 380-387. doi: 10.1097/TA.0000000000001107.
119. Mao, Z. Intramedullary nailing versus plating for distal tibia fractures without articular involvement: a meta-analysis / Z. Mao, G. Wang, L. Zhang [et al.] // J Orthop Surg Res. – 2015. – Vol. 10. – P. 95. doi: 10.1186/s13018-015-0217-5

120. Management of fasciotomy incisions after acute compartment syndrome: is delayed primary closure more feasible in children compared with adults? / E. Rademacher, P. E. Miller, E. Jordan [et al.] // *J Pediatr Orthop.* – 2020. – Vol. 40, № 4. – P. 300-305. doi: 10.1097/BPO.0000000000001492.

121. McQueen, M. M. The diagnosis of acute compartment syndrome: a review / M. M. McQueen, A. D. Duckworth // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2014. – Vol. 40, № 5. – P. 521-528. doi: 10.1007/s00068-014-0414-7.

122. Minimally invasive medial plate osteosynthesis in tibial pilon fractures: Longterm functional and radiological outcomes / A. Barış, E. Çirci, Z. Demirci, Y. Öztürkmen // *Acta Orthop Traumatol Turc.* – 2020. – Vol. 54, № 1. – P. 20-26. doi: 10.5152/j.aott.2020.01.489.

123. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis versus intramedullary nail fixation for closed distal tibial fractures: a meta-analysis of the clinical outcomes / E. L. Goh, S. Chidambaram, D. Eigenmann [et al.] // *SICOT-J.* – 2018. – Vol. 4. – P. 58. doi: 10.1051/sicotj/2018055

124. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) for mid-shaft fracture of the tibia (AO/OTA classification 42): A retrospective study / H. Kang, J. - K. Song, J. Y. Rho [et al.] // *Annals of Medicine and Surgery.* – 2020. – Vol. 60. – P. 408 - 412. doi:10.1016/j.amsu.2020.11.033

125. Minimally invasive plate osteosynthesis for open fractures of the proximal tibia / J.-W. Kim, C.-W. Oh, W.-J. Jung, J.-S. Kim // *Clin Orthop Surg.* – 2012. – Vol. 4(4). – P. 313 - 320. doi: 10.4055/cios.2012.4.4.313.

126. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) for proximal and distal fractures of the tibia: a biological approach / P. Gupta, A. Tiwari, A. Thora [et al.] // *Malays Orthop J.* – 2016. – Vol. 10, № 1. – P. 29 - 37. doi: 10.5704/MOJ.1603.006.

127. Minimally-invasive plate osteosynthesis in distal tibial fractures: Results and complications / D. Vidović, A. Matejčić, M. Ivica [et al.] // *Injury.* – 2015. – Vol. 46, Suppl 6. – S. 96 - 99. doi: 10.1016/j.injury.2015.10.067.

128. MIPO technique for treatment of distal tibial fractures / M. E. Zaghloul, E. Essmat, M. Zahed, A. Eslam // *J Orthop Pract.* – 2023. – Vol. 3, № 1. doi: doi.org/10.54289/JOP2300101
129. Nelson, J. A. Compartment pressure measurements have poor specificity for compartment syndrome in the traumatized limb / J. A. Nelson // *J Emerg Med.* – 2013. – Vol. 44, № 5. – P. 1039 - 1044. doi: 10.1016/j.jemermed.2012.09.040.
130. Odland, R. M. Compartment syndrome ultrafiltration catheters: report of a clinical pilot study of a novel method for managing patients at risk of compartment syndrome / R. M. Odland, A. H. Schmidt // *J Orthop Trauma.* – 2011. – Vol. 25, № 6. – P. 358 - 365. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181f9aba9.
131. Optimal surgical timing and approach for tibial plateau fracture / K. Li, S. Zhang, X. Z. Qiu [eta l.] // *Technol Health Care.* – 2022. – Vol. 30, S1. – P. 545 - 551. doi: 10.3233/THC-228050.
132. Orthopedic trauma: extremity fractures / C. Osier, C. Smith, D. Stinner [et al.] // *Mil Med.* – 2018. – Vol. 183, Suppl. 2. – P. 105-107. doi: 10.1093/milmed/usy081.
133. Osborn, C. P. M. Management of acute compartment syndrome / C. P. M. Osborn, A. H. Schmidt // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2020. – Vol. 28, № 3. – e108-e114. doi: 10.5435/JAAOS-D-19-00270.
134. Outcome at 12 to 22 years of 1502 tibial shaft fractures / C. L. Connelly, V. Bucknall, P. J. Jenkins [et al.] // *The bone & joint journal.* – 2014. – Vol. 96, № 10. – P. 1370-1377.
135. Outcomes of early versus delayed weight-bearing with intramedullary nailing of tibial shaft fractures: a systematic review and meta-analysis / A. Bhanushali, J. G. Koor, B. Stretton [et al.] // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2022. – Vol. 48, № 5. – P. 3521-3527. doi: 10.1007/s00068-022-01919-w.
136. Outcomes following minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) application in tibial pilon fractures - A systematic review / Y. Sourougeon, Y. Barzilai, Y.

Haba [et al.] // *Foot Ankle Surg.* – 2023. – Vol. 29, № 8. – P. 566-575. doi: 10.1016/j.fas.2023.07.013.

137. Part I: epidemiology and risk factors for stress fractures in female athletes / A. Abbott, M. L. Bird, E. Wild [et al.] // *Phys Sportsmed.* – 2020. – Vol. 48, № 1. – P. 17-24.

138. Patient-reported outcomes following fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome / J. M. Maher, E. M. Brook, C. Chiodo [et al.] // *Foot Ankle Spec.* – 2018. – Vol. 11, № 5. – P. 471 - 477. doi: 10.1177/1938640018783496.

139. Periosteal and endosteal microcirculatory injury following excessive osteosynthesis / F. Greksa, E. Butt, E. Csonka [et al.] // *Injury.* – 2021. – Vol. 52, Suppl. 1. – S3-S6. doi: 10.1016/j.injury.2020.11.053.

140. Periosteal microvascular reorganization after tibial reaming and intramedullary nailing in rats / F. Greksa, K. Tóth, M. Boros, A. Szabó // *J Orthop Sci.* – 2012. – Vol. 17(4). – P. 477 - 483. doi: 10.1007/s00776-012-0222-z.

141. Plate vs. nail for extra-articular distal tibia fractures: How should we personalize surgical treatment? A meta-analysis of 1332 patients / N. J. Bleeker, B. J. M. van de Wall, F. F. A. IJpma [et al.] // *Injury.* – 2021. – Vol. 52, № 3. – P. 345-357. doi: 10.1016/j.injury.2020.10.026.

142. Population-based epidemiology of tibial plateau fractures / R. Elsoe, P. Larsen, Ni. P. H. Nielsen [et al.] // *Orthopaedics.* – 2015. – Vol. 38. – e780–e786.

143. Predictors of acute compartment syndrome of the lower leg in adults following tibial plateau fractures / X. Deng, H. Hu, Z. Ye [et al.] // *J Orthop Surg Res.* – 2021. – Vol. 16, № 1. – P. 502. doi: 10.1186/s13018-021-02660-7.

144. Predictors of compartment syndrome after tibial fracture / M. M. McQueen, A. D. Duckworth, S. A. Aitken [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2015. – Vol. 29, № 10. – P. 451 - 455. doi: 10.1097/BOT.0000000000000347.

145. Prevalence and epidemiology of injuries among elite cyclists in the tour de france / H. S. Haeberle, S. M. Navarro, E. J. Power [et al.] // *Orthop J Sports Med.* – 2018. – Vol. 6(9). – P. 2325967118793392.

146. Quality of life for up to 18 months after low-energy hip, vertebral, and distal forearm fractures-results from the ICUROS / A. Svedbom, F. Borgstöm, E. Hernlund [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2018. – Vol. 29, № 3. – P. 557 - 566. doi: 10.1007/s00198-017-4317-4.

147. Radiographic Predictors of Compartment Syndrome Occurring After Tibial Fracture / C. Allmon, P. Greenwell, E. Paryavi [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2016. – Vol. 30, № 7. – P. 387-391. doi: 10.1097/BOT.0000000000000565.

148. Robertson, G. A. J. Fractures in soccer: The current evidence, and how this can guide practice / G. A. J. Robertson, K. K. Ang, B. Jamal // *J Orthop.* – 2022. – Vol. 33. – P. 25 - 30.

149. Santistevan, J. R. Acute limb ischemia: an emergency medicine approach / J. R. Santistevan // *Emerg Med Clin North Am.* – 2017. – Vol. 35, № 4. – P. 889 - 909. doi: 10.1016/j.emc.2017.07.006.

150. Schmidt, A. H. Acute compartment syndrome / A. H. Schmidt // *Injury.* – 2017. – Vol. 48, Suppl. 1. – P. 22 - 25. doi: 10.1016/j.injury.2017.04.024.

151. Short-term results of a rehabilitation program for service members with lower leg pain and the evaluation of patient characteristics / M. Z. Meulekamp, W. Sauter, M. Buitenhuis [et al.] // *Mil Med.* – 2016. – Vol. 181(9). – P. 1081 - 1087. doi: 10.7205/MILMED-D-15-00303.

152. Staged procedure protocol based on the four-column concept in the treatment of AO/OTA type 43-C3.3 pilon fractures / H. Chen, X. Cui, B. Ma [et al.] // *J Int Med Res.* – 2019. – Vol. 47, № 5. – P. 2045-2055. doi: 10.1177/0300060519836512.

153. Surgical management for chronic exertional compartment syndrome of the leg: a systematic review of the literature / D. Campano, J. A. Robaina, N. Kusnezov [et al.] // *Arthroscopy.* – 2016. – Vol. 32, № 7. – P. 1478-1486. doi: 10.1016/j.arthro.2016.01.069.

154. Surgical management of acute compartment syndrome and sequential complications / W. Du, X. Hu, Y. Shen, X. Teng // *BMC musculoskeletal disorders.* – 2019. – Vol. 20, № 1. – P. 1-7. doi:10.1186/s12891-019-2476-5

155. Surgical site infection in tibial plateau fractures with ipsilateral compartment syndrome / A. G. Dubina, E. Paryavi, T. T. Manson [et al.] // *Injury*. – 2017. – Vol. 48, № 2. – P. 495-500. doi: 10.1016/j.injury.2016.10.017.

156. Systematic review of patient reported outcomes from open tibia fractures in low and middle income countries / A. T. Schade, J. Hind, C. Khatri [et al.] // *Injury*. – 2020. – Vol. 51, № 2. – P. 142 - 146. doi: 10.1016/j.injury.2019.11.015

157. The application of Ilizarov technique in the treatment of comminuted distal tibia fractures / I. Lalić, V. Harhaji, O. Dulić [et al.] // *Acta facultatis medicae Naissensis*. – 2023. – Vol. 40. № 3. – P. 328-343. doi: 10.5937/afmnai40-41694

158. The impact of acute compartment syndrome on the outcome of tibia plateau fracture / A. M. Thabet, J. E. Simson, C. Gerzina [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. – 2018. – Vol. 28, № 1. – P. 85 - 93. doi: 10.1007/s00590-017-2017-6.

159. Tibial plateau fractures complicated by compartment syndrome are associated with a 3 times higher cost of care / A. H. Kantor, I. Clapp, D. C. O'Neill [et al.] // *J Orthop Trauma*. – 2023. – Vol. 37 (11). – P. 568 - 573. doi: 10.1097/BOT.0000000000002674.

160. Two-compartment or 4-compartment fasciotomy for lower leg chronic exertional compartment syndrome: a systematic review / C. Weiss, S. Vogels, L. Wee [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2022. – Vol. 61, № 5. – P. 1124-1133. doi:10.1053/j.jfas.2022.02.011

161. Unreamed Intra-Medullary Nail Versus Half Pin External Fixator in Grade III [A & B] Open tibia fractures / S. Garg, V. Khanna, M. P. Goyal, N. Joshi // *J Clin Orthop Trauma*. – 2019. – Vol. 10(5). – P. 941-948. doi: 10.1016/j.jcot.2018.10.016.

162. Use of tissue ultrafiltration for treatment of compartment syndrome: a pilot study using porcine hindlimbs / R. Odland, A. H. Schmidt, B. Hunter [et al.] // *J Orthop Trauma*. – 2005. – Vol. 19, № 4. – P. 267 - 275. doi: 10.1097/01.bot.0000155308.20133.71.

163. Utility of laboratory markers in evaluating for acute compartment syndrome in the emergency department / G. S. Weingart, P. Jordan, K. L. Yee, L. Green // *J Am Coll Emerg Physicians Open.* – 2020. – Vol. 12, № 2(1). – e12334. doi: 10.1002/emp2.12334.

164. Vendevre, T. Percutaneous treatment of tibial plateau fractures / T. Vendevre, L.-É. Gayet // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2021. – Vol. 107, Suppl. 1. – P. 102753. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102753.

165. Wesslén, C. Contemporary Management and Outcome After Lower Extremity Fasciotomy in Non-Trauma-Related Vascular Surgery / C. Wesslén, C.-M. Wahlgren // *Vasc Endovascular Surg.* – 2018. – Vol. 52, № 7. – P. 493 - 497. doi: 10.1177/1538574418773503.

166. What's new in acute compartment syndrome? / E. J. Harvey, D. W. Sanders, M. S. Shuler [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2012. – Vol. 26 (12). – P. 699-702. doi: 10.1097/BOT.0b013e31826df980.

167. Zelle, B. A. High-energy tibial pilon fractures: an instructional review / B. A. Zelle, K. H. Dang, S. S. Ornell // *Int Orthop.* – 2019. – Vol. 43, № 8. – P. 1939 - 1950. doi: 10.1007/s00264-019-04344-8.

168. Zou, J. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures / J. Zou, W. Zhang, C.-q. Zhang // *Injury.* – 2013. – Vol.44(8). – P.1102-6. doi: 10.1016/j.injury.2013.02.006.