

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПЕРЕЛОМАХ ЛОДЫЖЕК С РАЗРЫВОМ ДИСТАЛЬНОГО МЕЖБЕРЦОВОГО СИНДЕСМОЗА И МЕТОДАХ ИХ ЛЕЧЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Цапенко В.О., Кашанский Ю.Б., Кондратьев И.П., Вашетко Р.В.

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой
помощи им. И.И. Джанелидзе, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская,
3, лит. А*

Резюме

Введение. Переломы лодыжек представляют собой одну из наиболее распространённых травм опорно-двигательного аппарата, составляя до 15-20% всех переломов и до 40% повреждений нижних конечностей. Их социально-экономическая значимость определяется высокой частотой, длительной нетрудоспособностью и существенными затратами на лечение. Особую сложность в клинической практике представляют переломы, сопровождающиеся повреждением дистального межберцового синдесмоза (ДМБС), которые ассоциированы с повышенным риском хронической нестабильности в голеностопном суставе, посттравматического артроза в нем и неудовлетворительными функциональными исходами.

Цель исследования. Целью настоящего обзора литературных сведений является систематизация современных данных об эпидемиологии, классификационных подходах, алгоритмах диагностики и методах хирургического лечения переломов лодыжек в сочетании с повреждениями дистального межберцового синдесмоза.

Материалы и методы. На основе анализа релевантных отечественных и зарубежных исследований (2015-2024 гг.) подробно критически рассмотрены и проанализированы преимущества, а также недостатки методов лечения переломов лодыжек с разрывом дистального межберцового синдесмоза.

Результаты. В настоящее время наблюдается тренд на применение малоинвазивных методик лечения переломов лодыжек (МИРО,

интрамедуллярный остеосинтез), а также эволюция методов фиксации дистального межберцового синдесмоза — от статических (позиционные винты) к динамическим (шовно-пуговичные системы). Особое внимание уделено оценке роли компьютерной томографии в предоперационном планировании и интраоперационном контроле, а также современным подходам к послеоперационной реабилитации.

Выводы. В результате проведенного исследования представилось возможным сделать вывод о том, что для оптимизации стандартов оказания помощи данной категории пациентов необходим комплексный, персонализированный подход, интеграция в лечебный процесс новых технологий диагностики и лечения повреждений, а также дальнейший сравнительный анализ полученных данных проведенных исследований.

Ключевые слова: перелом лодыжек; дистальный межберцовый синдесмоз; остеосинтез; фиксация синдесмоза; послеоперационная реабилитация

MODERN CONCEPTS OF ANKLE FRACTURES WITH DISTAL TIBIOFIBULAR SYNDESMOSIS RUPTURE AND METHODS OF THEIR TREATMENT (LITERATURE REVIEW).

Tsapenko V.O., Kashansky Yu.B., Kondratyev I.P., Vashetko R.V.

St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine named after I.I.

Dzhanelidze, 192242, Saint Petersburg, Budapeshtskaya str., 3A

Abstract

Introduction. Ankle fractures represent one of the most common musculoskeletal injuries, accounting for up to 15-20% of all fractures and up to 40% of lower limb injuries. Their socioeconomic significance is determined by high incidence, prolonged disability, and substantial treatment costs. Fractures accompanied by damage to the distal tibiofibular syndesmosis (DTFS) present particular clinical challenges, as they are associated with an increased risk of chronic ankle instability, post-traumatic osteoarthritis, and unsatisfactory functional outcomes.

Objective. The aim of this literature review is to systematize current data on the epidemiology, classification approaches, diagnostic algorithms, and surgical treatment methods for ankle fractures combined with distal tibiofibular syndesmosis injuries.

Materials and Methods. Based on the analysis of relevant domestic and international studies (2015-2024), the advantages and disadvantages of treatment methods for ankle fractures with DTFS rupture were critically examined and analyzed in detail.

Results. Current trends indicate a shift towards minimally invasive techniques for ankle fracture treatment (MIPO, intramedullary osteosynthesis), as well as an evolution in DTFS fixation methods—from static (positional screws) to dynamic (suture-button systems). Particular attention is paid to assessing the role of computed tomography (CT) in preoperative planning and intraoperative control, as well as to modern approaches to postoperative rehabilitation.

Conclusions. As a result of this study, it can be concluded that optimizing care standards for this patient category requires a comprehensive, personalized approach, the integration of new diagnostic and treatment technologies into the clinical process, and further comparative analysis of data from ongoing research.

Keywords: ankle fracture; distal tibiofibular syndesmosis; osteosynthesis; syndesmosis fixation; postoperative rehabilitation

Введение

Актуальность проблемы и ее эпидемиологические аспекты.

Голеностопный сустав, являясь ключевым элементом опоры и ходьбы, подвержен высоким механическим нагрузкам, которые обуславливают значительную частоту его повреждений. Согласно данным глобального эпидемиологического анализа, частота переломов лодыжек варьирует от 100 до 184 случаев на 100 000 населения в год [1-4], демонстрируя устойчивую тенденцию к росту, особенно в популяции лиц старше 65 лет [5]. Этот рост напрямую коррелирует с процессами демографического старения, увеличением активности пожилых людей и распространённостью у них

выраженного остеопороза, который служит значимым предиктором как самого перелома, так и осложнённого течения посттравматического периода [6, 7].

Повреждение дистального межберцового синдесмоза (ДМБС), который за счет комплекса связок стабилизирует взаимоотношение берцовых костей и стабильность голеностопного сустава, встречается, по разным данным, в 10-40% всех переломов лодыжек и в большой степени определяет прогноз результата их лечения [8]. Неадекватная диагностика и лечение повреждения ДМБС закономерно приводят к развитию хронической боли, нестабильности сустава, синдрому диастрезиса и, в отдалённой перспективе, к тяжёлому посттравматическому деформирующему артрозу голеностопного сустава. Все это существенно снижает качество жизни пациентов [9, 10].

Таким образом, переломы лодыжек, особенно сопровождающиеся синдесмозной нестабильностью, представляют собой серьёзную медико-социальную проблему. Несмотря на длительную историю изучения данного вопроса, множество предложенных классификаций и методов лечения до сих пор не выработаны, как единый диагностический алгоритм, так и универсальный стандарт хирургической тактики оказания медицинской помощи.

Цель и задачи

Настоящий обзор призван обобщить и критически проанализировать современные взгляды на эту проблему, выделив ключевые спорные вопросы и обозначив перспективные направления дальнейших исследований.

Материалы и методы

Выбор тактики лечения непосредственно зависит от вида травмы и характера повреждений, что тесно связано с точной их классификацией. В современной мировой практике наибольшее распространение получили две системы, основанные на разных принципах:

1. Классификация Danis-Weber (АО/ОТА) базируется на рентгенологической констатации уровня перелома малоберцовой кости

относительно щели голеностопного сустава (синдесмоза) [11]. Она проста для воспроизведения и имеет прогностическое значение: тип А (ниже синдесмоза) без его повреждения и является обычно стабильным; тип В (на уровне синдесмоза) может сопровождаться его частичным повреждением и частичной нестабильностью; тип С (выше синдесмоза) всегда нестабилен и подразумевает полный разрыв ДМБС [12].

2. Классификация Lauge-Hansen основана на биомеханике травмы (положение стопы и направление воздействующей силы). Она более полно описывает стадийность повреждения костных и связочных структур области голеностопного сустава (пронационно-абдукционный, супинационно-аддукционный механизмы и др.), но обладает меньшей межнаблюдательной надёжностью [13].

Обе системы имеют недостатки: Weber не учитывает состояние медиальных структур, а Lauge-Hansen сложна для быстрого клинического использования. В этой связи современные авторы подчёркивают целесообразность их интегративного применения [14].

Определение нестабильности ДМБС является краеугольным камнем в выборе между консервативной и оперативной тактикой оказания медицинской помощи. Для исключения ошибок, в случае решения тактических вопросов при лечении пострадавших с этим видом повреждений, диагностика должна быть многоуровневой. В нее входят:

1. Клинические тесты: тест сжатия (squeeze test) и тест наружной ротации (external rotation test). Он обладает достаточно высокой специфичностью, но далеко не всегда выполним. Поэтому обладает умеренной чувствительностью в остром периоде травмы из-за выраженного отёка и боли в это время.

2. Стандартная рентгенография. Она выполняется в передне-задней, боковой и «мортис» проекциях. Критериями нестабильности являются увеличение большеберцово-малоберцового «зазора» (tibiofibular clear space, TFCS) > 6 мм на протяжении всего синдесмоза и уменьшение «перекрытия»

(tibiofibular overlap, TFO) < 1 мм или < 42% ширины малоберцовой кости на рентгенограммах в проекции «мортис» [15].

3. Стресс-рентгенография. Выполнение ее с наружной ротацией или при осевой нагрузке повышает точность, но её применение в остром периоде травмы ограничено из-за отека, болевого синдрома, а также риска увеличить дислокацию отломков и осколков в области перелома.

4. Компьютерная томография (КТ). Она представляет собой современный «золотой стандарт» и позволяет с максимальной точностью оценить ротационный подвывих малоберцовой кости, который часто не виден на рентгенограммах, измерить параметры синдесмоза в аксиальной плоскости и выявить сопутствующие повреждения (например, характер перелома заднего отдела большеберцовой кости) [16-18].

5. Магнитно-резонансная томография (МРТ). Данный метод также имеет высокую точность в визуализации повреждений, но непосредственно связок ДМБС, а также скрытых разрушений хряща и костных ушибов. Это оказывает важное влияние на выбор правильной тактики лечения и прогнозирования его отдалённых результатов [19].

6. Интраоперационная оценка. Она осуществляется после анатомической репозиции и фиксации малоберцовой кости, является обязательной манипуляцией и заключается в выполнении стресс-теста (крюком-элеваторм или наружной ротацией) для выявления скрытой нестабильности.

Современные методы лечения переломов лодыжек подразделяются на консервативные и оперативные.

Консервативное лечение. Оно заключается в выполнении, в случае необходимости, закрытой репозиции и иммобилизации поврежденной конечности гипсовой повязкой или ортезом. Такая тактика оправдана только при стабильных изолированных переломах латеральной лодыжки типа А по Weber без смещения или с минимальным смещением (< 2 мм), а также при отсутствии клинических и рентгенологических признаков нестабильности

ДМБС [20]. Основными рисками консервативного подхода являются вторичное смещение отломков (до 25% случаев), замедленная консолидация перелома, формирование стойких контрактур и мышечная гипотрофия. В итоге это может приводить к худшим функциональным результатам по сравнению с хирургическим лечением [21, 22].

Хирургическое лечение. Оно заключается в выполнении операции. Ее целью является анатомичная репозиция отломков и осколков, их стабильная фиксация и максимально ранняя функциональная реабилитация пострадавшего.

Результаты

Традиционный открытый остеосинтез (ORIF). Остаётся базовым методом лечения переломов. Фиксация малоберцовой кости чаще всего осуществляется пластиной (нейтрализационной или блокируемой LCP), а медиальной лодыжки — двумя спонгиозными винтами или серкляжной петлёй. Недостатки ORIF связаны с обширным доступом, риском повреждения поверхностного малоберцового нерва, нарушением кровоснабжения и более высокой частотой осложнений со стороны мягких тканей (некроз краёв раны, инфекция) [23- 26].

Малоинвазивный остеосинтез пластиной (MPO). Это техника, при которой репозиция осуществляется, закрыто или через минимальные разрезы мягких тканей, а пластина проводится тунельно и располагается накостно. Ряд исследований показывает, что MPO обеспечивает сопоставимые с ORIF результаты сращения при статистически значимо более низкой частоте инфекционных осложнений и некроза кожи [27, 28].

Интрамедуллярный остеосинтез малоберцовой кости. Он подразумевает применение блокируемых интрамедуллярных стержней или винтов и представляет собой альтернативу пластинам, особенно при многооскольчатых переломах диафиза в случае критического состояния мягких тканей. Метод является минимально инвазивным, позволяет рано

начинать нагрузку и не вызывает раздражения мягких тканей имплантом, но часто сопряжен с техническими трудностями [29, 30].

Восстановление стабильности ДМБС представляет собой важнейший этап операции при переломах типов В и С по Weber. Вопрос же его статической или динамической фиксации является дискуссионным.

Статическая фиксация позиционным винтом. Это традиционный метод. Он подразумевает проведение одного или двух кортикальных винтов диаметром 3,5–4,5 мм через четыре кортикальных слоя на 2–4 см выше суставной щели. Такая фиксация обладает определенными преимуществами такими как, отработанная техника установки импланта и низкая его стоимость [31]. В тоже время данная методика имеет и определенные недостатки это: необходимость строгой отсрочки нагрузки (6–8 недель) из-за риска поломки винта; ограничение физиологической микроподвижности синдесмоза, приводящие к дегенеративным изменениям; высокая частота (до 30%) необходимости повторной операции для удаления импланта [32].

Динамическая эластичная фиксация. В настоящее время рядом авторов представлена системами типа TightRope® (Arthrex). Она включает в себя пуговицу из высокопрочного полиэтилена или металла и соединительную нерассасывающуюся суперпрочную ленту (FiberWire). Эта конструкция обеспечивает относительную стабильность, допуская при этом физиологичное небольшое движение в синдесмозе. Преимущества заключаются в том, что обеспечивается возможность ранней функциональной нагрузки; отсутствует необходимость в плановом удалении импланта; имеется более низкая вероятность осложнений и связанных с этим повторных операций [33]. Мета-анализы последних лет демонстрируют превосходство или сопоставимость динамической фиксации в сравнении со статической по функциональным исходам при меньшем количестве осложнений [34, 35].

Гибридные и биodeградируемые методы. В поисках идеального импланта разрабатываются гибридные методы фиксации ДМБС (комбинация

винта и пуговицы), а также используются биodeградируемые винты на основе полимеров или магниевых сплавов. Последние постепенно резорбируются, устраняя необходимость в удалении, и не создают помех для МРТ, однако их механическая прочность и сроки деградации требуют дальнейшего изучения.

Обсуждение

Важным вопросом восстановительного лечения является срок определения нагрузки на поврежденную конечность и период ее обездвиживания. Современная парадигма данных аспектов реабилитации пострадавшего заключается в смещении сроков: от периода длительной иммобилизации к ранней контролируемой мобилизации.

Иммобилизация. Вопрос послеоперационного ведения пострадавших до сих пор активно дискутируется. Достаточно большое число авторов говорят о необходимости применять гипсовую лонгету даже после стабильного остеосинтеза. Однако в последнее время ряд исследователей указывают на безопасность и преимущества использования жёсткого функционального ортеза, позволяющего сразу начинать движения в голеностопном суставе [36, 37].

Нагрузка. Современное представление о ней заключается в том, что при динамической фиксации синдесмоза и стабильном остеосинтезе перелома дозированную осевую нагрузку можно разрешать через 2-4 недели. В тоже время при использовании в качестве фиксаторов синдесмоза винтов, нагрузку следует отсрочить на 6 недель [38, 39].

Физическая реабилитация. По мнению подавляющего большинства авторов, она должна начинаться в первые дни после операции и включать ходьбу с помощью дополнительных средств опоры, изометрические упражнения, активизацию мышечного насоса путем пассивных и активных движений. На более поздних этапах следует подключать проприоцептивную тренировку, которая направлена на восстановление стабильности сустава [40].

Выводы

Переломы лодыжек с повреждением дистального межберцового синдесмоза представляют собой актуальную и в то же время сложную клиническую проблему, требующую от хирурга глубоких знаний анатомии, биомеханики и современных технологий. На основании анализа литературы сегодня можно выделить ряд ключевых трендов и нерешённых вопросов в лечении пострадавших с данным видом травмы.

1. Диагностика. КТ прочно занимает место обязательного метода при предоперационном планировании, так как позволяет объективно оценить степень стабильности голеностопного сустава. Для контроля репозиции перспективным является внедрение интраоперационной 3D-визуализации (С-дуга с функцией 3D-сканирования).

2. Хирургическая тактика. Наблюдается устойчивый тренд в сторону применения известных (МІРО, интрамедуллярный остеосинтез) и поиску новых способов лечения, обладающих минимальной инвазивностью [41]. В фиксации ДМБС динамические методы (TightRope) постепенно вытесняют классические винты, демонстрируя лучший профиль безопасности и функциональности результатов.

3. Реабилитация. Ее протоколы смещаются в сторону применения современных технологий лечения, позволяющих приступить к ранней контролируемой функциональной нагрузке и активной мобилизации пациентов. Это ускоряет восстановление утраченных функций без увеличения рисков осложнений.

В заключение следует отметить, что перспективными являются: разработка новых, оптимальных технологий лечения переломов лодыжек с разрывом ДМБС; изучение долгосрочных результатов биodeградируемых фиксаторов; в случае внедрения новых средств и способов лечения снижение их экономической нагрузки. Решение этих задач лежит в плоскости проведения масштабных многоцентровых рандомизированных исследований и дальнейшей персонализации подхода к лечению каждого пациента.

Список источников

1. Pflüger P., Braun K.-F., Mair O., Kirchhoff C., Biberthaler P., Crönlein M. Current management of trimalleolar ankle fractures. *EFORT Open Reviews*. 2021; 6(8):692-703. doi: 10.1302/2058-5241.6.200138
2. Барабаш Ю.А., Хрисат А.А., Гражданов К.А., Иванов Д.В., Кауц О.А. Выбор вида чрескостного остеофиксатора в условиях внешней фиксации при лечении нестабильных переломов лодыжек и их последствий. *Практическая медицина*. 2022;20(4):13-18. doi: 10.32000/2072-1757-2022-4-13-18
3. Duan X., Kadakia A. Operative Treatment of Posterior Malleolar Fractures. *Open Orthop J*. 2017;11:732-742. doi: 10.2174/1874325001711010732
4. Vosseller J.T., Karl J.W., Greisberg J.K. Incidence of syndesmotic injury. *Orthopedics*. 2014;37(3):e226-229. doi: 10.3928/01477447-20140225-53
5. Ziegler P., Bahrs C., Konrads C., Hemmann P., Ahrend M.D. Ankle fractures of the geriatric patient: a narrative review. *EFORT Open Rev*. 2023;8(1):1-10. doi: 10.1530/EOR-22-0082
6. Pearce O., AL-Hourani K., Kelly M. Ankle fractures in the elderly: current concepts. *Injury*. 2020;51(12):2740-2747. doi: 10.1016/j.injury.2020.10.093
7. Оразлиев Д.А. Оптимизация репаративных процессов при переломах лодыжек. В кн. «IV конгресс ОРТОБИОЛОГИЯ 2023 "Patient cases - от теории к практике"». Москва; 2023:67-71.
8. Петров Н.В., Карев А.С., Целищева Е.Ю. Особенности лечения через синдесмозных переломов лодыжек. В кн. «Новые информационные технологии в науке МЦИИ ОМЕГА САЙНС». Уфа; 2016:137-139.
9. Беленький И.Г., Николаев И.К., Майоров Б.А., Сергеев Г.Д., Евсеев М.Н., Лузанова О.А., Рефицкий Ю.В. Особенности хирургического лечения переломов лодыжек у пациентов с высокими рисками осложнений (обзор литературы). *Современные проблемы науки и образования*. 2023;1:85. doi: 10.17513/spno.32284

10. Ганиев М.Х., Атаев А.Р., Каллаев Н.О., Мирзоев Н.Э., Османов Р.Т., Магарамов А.М., Огурлиев А.П. Лечение переломов лодыжек. В кн. «VIII Пироговский форум травматологов-ортопедов». Казань; 2023:141.
11. Рюди Т.П., Бакли Р.Э., Моран К.Г. АО - Принципы лечения переломов. Второе переработанное и дополненное издание. Васса Медиа. 2007;2:870-896.
12. Martin J.S., Marsh J.L., Bonar S.K., DeCoster T.A., Found E.M., Brandser E.A. Assessment of the AO/ASIF fracture classification for the distal tibia. *J Orthop Trauma*. 1997;11(7):477-483. doi: 10.1097/00005131-199710000-00004
13. Harper M.C. Ankle fracture classification systems: a case for integration of the Lauge-Hansen and AO-Danis-Weber schemes. *Foot Ankle J*. 1992;13(7):404-407. doi: 10.1177/107110079201300708
14. Ramos L.S., Gonçalves H.M., Freitas A., Oliveira M.P., Lima D.M.S., Carmargo W.S. Evaluation of the Reproducibility of Lauge-Hansen, Danis-Weber, and AO Classifications for Ankle Fractures. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*. 2021;56(3):372-378. doi: 10.1055/s-0040-1718508
15. Беленький И.Г., Мануковский В.А., Тулупов А.Н., Демко А.Е., Кандыба Д.В., Сергеев Г.Д., Майоров Б.А., Барсукова И.М., Аджимурадов Б.О. Стратегия выполнения остеосинтеза: проблемы и перспективы. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(2):79-90. doi: 10.17816/2311-2905-1693
16. Jeyaseelan L., Malagelada F., Parker L., Panagopoulos A., Heidari N., Vris A. Intra-Operative 3-Dimensional Imaging (O-arm) in Foot and Ankle Trauma Surgery: Report of 2 Cases and Review of the Literature . *Open Orthop J*. 2019;13. doi:10.2174/1874325001913010189
17. Ковалевский К.О., Сёмчин В.С., Титова А.Д. Картирование переломов лодыжек с использованием 3d моделирования. В кн. «X Республиканской научно-практической конференции с международным участием». Гродно; 2023:210-213.

18. Савелло В.Е., Бельский И.Г., Костеников А.Н., Майоров Б.А., Рефицкий Ю.В., Сергеев Г.Д. Виртуальное планирование операции остеосинтеза у пациентов с переломами лодыжек и заднего края большеберцовой кости по результатам компьютерной томографии: клинический случай. *Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе*. 2024;1(14):24-33. doi: 10.54866/27129632_2024_1_24
19. Горбатов Р.О., Павлов Д.В., Малышев Е.Е. Современное оперативное лечение переломов лодыжек и их последствий (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2015;7(2):153-167. doi: 10.17691/stm2015.7.2.20
20. Фищенко В.А., Демчук Р.М., Засаднюк А.В., Руцак А.Д. Анализ результатов стационарного лечения закрытых переломов лодыжек. *Травма*. 2012;13(1):59-62.
21. Никифоров Д.А., Панин М.А., Процко В.Г., Боргут Р.Д., Алиев Р.Н. Повреждение дистального межберцового синдесмоза, пути улучшения результатов лечения (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2022;28(1):141-149. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-141-149
22. Хорошков С.Н. Анатомо-биомеханические критерии дифференцированного подхода к лечению переломов лодыжек. Инновации в травматологии, ортопедии и реабилитологии. В кн. *«Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию кафедры травматологии и ортопедии ЧГМА»*. Чита; 2024:185-193.
23. Jain S., Haughton B.A., Brew C. Intramedullary Fixation of Distal Fibular Fractures: a Systematic Review of Clinical and Functional Outcomes. *J. Orthopaedics Traumatol.* 2014;15(4):245-254. doi: 10.1007/s10195-014-0320-0
24. Saxena A., Yun A. Percutaneous plating of Weber B fibular fractures. *J Foot Ankle Surg.* 2017;56(2):366–370. doi: 10.1053/j.jfas.2016.11.012
25. Hamid K.S., Glisson R.R., Morash J.G., Matson A.P., DeOrio J.K. Simultaneous Intraoperative Measurement of Cadaver Ankle and Subtalar Joint Compression During Arthrodesis With Intramedullary Nail, Screws, and

- Tibiototalcaneal Plate. *Foot Ankle Int.* 2018;39(9):1128–1132. doi: 10.1177/1071100718774271
26. Wenger D., Henning H., Bergkvist D., Rogmark C. Fewer reoperations after posterolateral plate positioning compared with lateral plate positioning in ankle fractures - a retrospective study on 453 AO/OTA 44-B injuries. *Injury.* 2021;52(7):1999-2005. doi: 10.1016/j.injury.2021.04.008
27. Marazzi C., Wittauer M., Hirschmann M.T., Testa E.A. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) versus Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) in the Treatment of Distal Fibula Danis-Weber Types B and C Fractures. *J. Orthop. Surg. Res.* 2020;15(1):491. doi: 10.1186/s13018-020-02018-5
28. Yañez Arauz J.M. Minimally invasive treatment of AO B ankle fractures: Surgical technique and long-term outcomes. *Foot Ankle Surg.* 2021;27(7):742-749. doi: 10.1016/j.fas.2020.09.010
29. Ситник А.А., Белецкий А.В., Кочубинский А.В., Крук А.Н. Остеосинтез переломов малоберцовой кости: от накостного к интрамедуллярному. *Медицинский журнал.* 2023;2(84):37-42. doi: 10.51922/1818-426X.2023.2.37
30. Ward B, Parry J. Routine intramedullary screw versus plate fixation of lateral malleolus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2025;35(1):222. doi: 10.1007/s00590-025-04341-1
31. Peek A.C., Fitzgerald C.E., Charalambides C. Syndesmosis screws: how many, what diameter, where and should they be removed? A literature review. *Injury.* 2014;45(8):1262-1267. doi:10.1016/j.injury.2014.05.003
32. Ibrahim I.O., Velasco B.T., Ye M.Y., Miller C.P., Kwon J.Y. Syndesmotic screw breakage may be more problematic than previously reported: increased rates of hardware removal secondary to pain with intraosseous screw breakage. *Foot Ankle Spec.* 2022;15(1):27-35. doi: 10.1177/1938640020932049
33. Alastuey-López D., Seral B., Pérez M.Á. Biomechanical evaluation of syndesmotic fixation techniques via finite element analysis: screw vs. suture

- button. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021;208:106272. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106272
34. Laflamme M., Belzile E.L., Bédard L., Bekerom M.P.J., Glazebrook M., Pelet S. A prospective randomized multicenter trial comparing clinical outcomes of patients treated surgically with a static or dynamic implant for acute ankle syndesmosis rupture. *J Orthop Trauma.* 2015;29(5):216-223. doi: 10.1097/BOT.0000000000000245
35. Xu K., Zhang J., Zhang P., Liang Y., Hu J.L., Wang X., Wang J. Comparison of Suture-Button Versus Syndesmotic Screw in the Treatment of Distal Tibiofibular Syndesmosis Injury: A Meta-analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(3):555-566, doi: 10.1053/j.jfas.2020.08.005
36. Бегун П.И., Тихоненкова О.В., Сафронова А.А. Компьютерное моделирование структур опорно-двигательного аппарата. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2021;9(1). doi: 10.26102/2310-6018/2021.32.1.017
37. Rockov Z.A., Finkel R.A., Hashmi S.Z., Byrne C.T., Nigh E.D., Garfinkel J.H., Noori N.B., Pujari A., Lin C.A., Moon C.N., Marecek G.S., Vrahas M.S., Little M.T.M. Mid to long term follow up of early weightbearing after open reduction internal fixation of ankle fractures. *Injury.* 2025;56(2):112157. doi:10.1016/j.injury.2025.112157
38. Schepers T., Halm J.A. Aftercare for surgically treated ankle fractures. *Lancet.* 2024;403(10446):2756-2757. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00916-4
39. Bretherton C. P., Achten J., Jogarah V., Petrou S., Peckham N., Achana F., Appelbe D., Kearney R., Claireux H., Bell P., Griffin X. L., WAX Investigators. Early versus delayed weight-bearing following operatively treated ankle fracture (WAX): a non-inferiority, multicentre, randomized controlled trial. *Lancet J.* 2024;29;403(10446):2787-2797. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00710-4
40. Cursaru A., Popa M., Lupu A., Iordache S., Costache M., Cretu B., Serban B., Cirstoiu C. An examination of personalized approaches in the management of

ankle fractures: a thorough evaluation of soft tissue factors, treatment methods, and patient adherence. *Cureus J.* 2023;15:e45507. doi:10.7759/cureus.45507

41. Цапенко В.О., Кашанский Ю.Б., Кондратьев И.П., Поликарпов А.В., Вашетко Р.В. Совершенствование технологии хирургического лечения пострадавших с переломами лодыжек. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал.* 2023;24(2):1152-1159.

References

1. Pflüger P., Braun K.F., Mair O., Kirchhoff C., Biberthaler P., Crönlein M. Current management of trimalleolar ankle fractures. *EFORT Open Rev.* 2021;6(8):692-703. doi:10.1302/2058-5241.6.200138.
2. Barabash Y.A., Khrisat A.A., Grazhdanov K.A., Ivanov D.V., Kauts O.A. [The choice of transosseous osteofixator type in external fixation for the treatment of unstable ankle fractures and their consequences]. *Pract Med.* 2022;20(4):13-18. doi:10.32000/2072-1757-2022-4-13-18. (in Russian).
3. Duan X., Kadakia A. Operative Treatment of Posterior Malleolar Fractures. *Open Orthop J.* 2017;11:732-742. doi:10.2174/1874325001711010732.
4. Vosseller J.T., Karl J.W., Greisberg J.K. Incidence of syndesmotic injury. *Orthopedics.* 2014;37(3):e226-9. doi:10.3928/01477447-20140225-53.
5. Ziegler P., Bahrs C., Konrads C., Hemmann P., Ahrend M.D. Ankle fractures of the geriatric patient: a narrative review. *EFORT Open Rev.* 2023;8(1):1-10. doi:10.1530/EOR-22-0082.
6. Pearce O., Al-Hourani K., Kelly M. Ankle fractures in the elderly: current concepts. *Injury.* 2020;51(12):2740-2747. doi:10.1016/j.injury.2020.10.093.
7. Orazliev D.A. Optimization of reparative processes in ankle fractures. In: «IV Congress ORTOBIOLOGY 2023 Patient cases - from theory to practice». Moscow; 2023:67-71. (in Russian).
8. Petrov N.V., Karev A.S., Tselyshcheva E.Y. Features of the treatment of trans-syndesmotic ankle fractures. In: «New Information Technologies in Science. MCII "Omega Sains». Ufa; 2016:137-139. (in Russian).

9. Belenkiy I.G., Nikolaev I.K., Mayorov B.A., Sergeev G.D., Evseev M.N., Luzanova O.A., Reffitskiy Y.V. Features of surgical treatment of ankle fractures in patients with high complication risks (literature review). *Mod Probl Sci Educ.* 2023;1:85. doi:10.17513/spno.32284. (in Russian).
10. Ganiev M.K., Ataev A.R., Kallaev N.O., Mirzoev N.E., Osmanov R.T., Magaramov A.M., Ogurliyev A.P. Treatment of ankle fractures. In: «VIII Pirogov Forum of Traumatologists and Orthopedists». Kazan; 2023:141. (in Russian).
11. Rüedi T.P., Buckley R.E., Moran C.G. AO Principles of Fracture Management. 2nd rev. and exp. ed.. *Wasserman Media*; 2007;2:870-896. (in Russian).
12. Martin J.S., Marsh J.L., Bonar S.K., DeCoster T.A., Found E.M., Brandser E.A. Assessment of the AO/ASIF fracture classification for the distal tibia. *J Orthop Trauma.* 1997;11(7):477-483. doi:10.1097/00005131-199710000-00004.
13. Harper M.C. Ankle fracture classification systems: a case for integration of the Lauge-Hansen and AO-Danis-Weber schemes. *Foot Ankle.* 1992;13(7):404-407. doi:10.1177/107110079201300708.
14. Ramos L.S., Gonçalves H.M., Freitas A., Oliveira M.P., Lima D.M.S., Carmargo W.S. Evaluation of the Reproducibility of Lauge-Hansen, Danis-Weber, and AO Classifications for Ankle Fractures. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2021;56(3):372-378. doi:10.1055/s-0040-1718508.
15. Belenkiy I.G., Manukovskiy V.A., Tulupov A.N., Demko A.E., Kandyba D.V., Sergeev G.D., Mayorov B.A., Barsukova I.M., Adzhimuradov B.O. Strategy for performing osteosynthesis: problems and prospects. *Traumatol Orthop Russ.* 2022;28(2):79-90. doi:10.17816/2311-2905-1693. (in Russian).
16. Jeyaseelan L., Malagelada F., Parker L., Panagopoulos A., Heidari N., Vris A. Intra-Operative 3-Dimensional Imaging (O-arm) in Foot and Ankle Trauma Surgery: Report of 2 Cases and Review of the Literature. *Open Orthop J.* 2019;13:189-194. doi:10.2174/1874325001913010189.

17. Kovalevskiy K.O., Semchin V.S., Titova A.D. Mapping of ankle fractures using 3D modeling. In: «*X Republican Scientific-Practical Conference with International Participation*». Grodno; 2023:210-213. (in Russian).
18. Savello V.E., Belenkiy I.G., Kostenikov A.N., Mayorov B.A., Reffitskiy Y.V., Sergeev G.D. Virtual planning of osteosynthesis surgery in patients with ankle and posterior tibial margin fractures based on computed tomography results: a clinical case. *Emerg Surg named after I.I. Dzhanlidze*. 2024;1(14):24-33. doi:10.54866/27129632_2024_1_24. (in Russian).
19. Gorbatov R.O., Pavlov D.V., Malyshev E.E. Modern surgical treatment of ankle fractures and their consequences (review). *Mod Technol Med*. 2015;7(2):153-167. doi:10.17691/stm2015.7.2.20. (in Russian).
20. Fishchenko V.A., Demchuk R.M., Zasadnyuk A.V., Rushchak A.D. Analysis of the results of inpatient treatment of closed ankle fractures. *Trauma*. 2012;13(1):59-62. (in Russian).
21. Nikiforov D.A., Panin M.A., Protsko V.G., Borgut R.D., Aliev R.N. Injury of the distal tibiofibular syndesmosis, ways to improve treatment outcomes (literature review). *Genij Ortop*. 2022;28(1):141-149. doi:10.18019/1028-4427-2022-28-1-141-149. (in Russian).
22. Khoroshkov S.N. Anatomical and biomechanical criteria for a differentiated approach to the treatment of ankle fractures. In: «*Innovations in Traumatology, Orthopedics and Rehabilitation. International Scientific-Practical Conference Dedicated to the 55th Anniversary of the Department of Traumatology and Orthopedics of ChSMA*». Chita; 2024:185-193. (in Russian).
23. Jain S., Haughton B.A., Brew C. Intramedullary Fixation of Distal Fibular Fractures: a Systematic Review of Clinical and Functional Outcomes. *J Orthop Traumatol*. 2014;15(4):245-254. doi:10.1007/s10195-014-0320-0.
24. Saxena A., Yun A.. Percutaneous plating of Weber B fibular fractures. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(2):366-370. doi:10.1053/j.jfas.2016.11.012.
25. Hamid K.S., Glisson R.R., Morash J.G., Matson A.P., DeOrio J.K. Simultaneous Intraoperative Measurement of Cadaver Ankle and Subtalar Joint

Compression During Arthrodesis With Intramedullary Nail, Screws, and Tibiotalocalcaneal Plate. *Foot Ankle Int.* 2018;39(9):1128-1132. doi:10.1177/1071100718774271.

26. Wenger D., Henning H., Bergkvist D., Rogmark C. Fewer reoperations after posterolateral plate positioning compared with lateral plate positioning in ankle fractures - a retrospective study on 453 AO/OTA 44-B injuries. *Injury.* 2021;52(7):1999-2005. doi:10.1016/j.injury.2021.04.008.

27. Marazzi C., Wittauer M., Hirschmann M.T., Testa E.A. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) versus Open Reduction and Internal Fixation (ORIF) in the Treatment of Distal Fibula Danis-Weber Types B and C Fractures. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):491. doi:10.1186/s13018-020-02018-5.

28. Yañez Arauz J.M. Minimally invasive treatment of AO B ankle fractures: Surgical technique and long-term outcomes. *Foot Ankle Surg.* 2021;27(7):742-749. doi:10.1016/j.fas.2020.09.010.

29. Sitnik A.A., Beletskiy A.V., Kochubinskiy A.V., Kruk A.N. Osteosynthesis of fibular fractures: from plate to intramedullary. *Med J.* 2023;2(84):37-42. doi:10.51922/1818-426X.2023.2.37. (in Russian).

30. Ward B., Parry J. Routine intramedullary screw versus plate fixation of lateral malleolus fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2025;35(1):222. doi:10.1007/s00590-025-04341-1.

31. Peek A.C., Fitzgerald C.E., Charalambides C. Syndesmosis screws: how many, what diameter, where and should they be removed? A literature review. *Injury.* 2014;45(8):1262-1267. doi:10.1016/j.injury.2014.05.003.

32. Ibrahim I.O., Velasco B.T., Ye M.Y., Miller C.P., Kwon J.Y. Syndesmotic screw breakage may be more problematic than previously reported: increased rates of hardware removal secondary to pain with intraosseous screw breakage. *Foot Ankle Spec.* 2022;15(1):27-35. doi:10.1177/1938640020932049.

33. Alastuey-López D., Seral B., Pérez M.Á. Biomechanical evaluation of syndesmotic fixation techniques via finite element analysis: screw vs. suture

- button. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021;208:106272. doi:10.1016/j.cmpb.2021.106272.
34. Laflamme M., Belzile E.L., Bédard L., Bekerom M.P.J., Glazebrook M., Pelet S. A prospective randomized multicenter trial comparing clinical outcomes of patients treated surgically with a static or dynamic implant for acute ankle syndesmosis rupture. *J Orthop Trauma.* 2015;29(5):216-223. doi:10.1097/BOT.0000000000000245.
35. Xu K., Zhang J., Zhang P., Liang Y., Hu J.L., Wang X., Wang J. Comparison of Suture-Button Versus Syndesmotic Screw in the Treatment of Distal Tibiofibular Syndesmosis Injury: A Meta-analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2021;60(3):555-566. doi:10.1053/j.jfas.2020.08.005.
36. Begun P.I., Tikhonenkova O.V., Safronova A.A. Computer modeling of musculoskeletal structures. *Model Optim Inf Technol.* 2021;9(1). doi:10.26102/2310-6018/2021.32.1.017. (in Russian).
37. Rockov Z.A., Finkel R.A., Hashmi S.Z., Byrne C.T., Nigh E.D., Garfinkel J.H., Noori N.B., Pujari A., Lin C.A., Moon C.N., Marecek G.S., Vrahas M.S., Little M.T.M. Mid to long term follow up of early weightbearing after open reduction internal fixation of ankle fractures. *Injury.* 2025;56(2):112157. doi:10.1016/j.injury.2025.112157.
38. Schepers T., Halm J.A. Aftercare for surgically treated ankle fractures. *Lancet.* 2024;403(10446):2756-2757. doi:10.1016/S0140-6736(24)00916-4.
39. Bretherton C.P., Achten J., Jogarah V., Petrou S., Peckham N., Achana F., Appelbe D., Kearney R., Claireux H., Bell P., Griffin X.L., WAX Investigators. Early versus delayed weight-bearing following operatively treated ankle fracture (WAX): a non-inferiority, multicentre, randomized controlled trial. *Lancet.* 2024;403(10446):2787-2797. doi:10.1016/S0140-6736(24)00710-4.
40. Cursaru A., Popa M., Lupu A., Iordache S., Costache M., Cretu B., Serban B., Cirstoiu C. An examination of personalized approaches in the management of ankle fractures: a thorough evaluation of soft tissue factors, treatment methods, and patient adherence. *Cureus.* 2023;15(10):e45507. doi:10.7759/cureus.45507.

41. Tsapenko V.O., Kashansky Y.B., Kondratyev I.P., Polikarpov A.V., Vashetko R.V. Improvement of surgical treatment technology for patients with ankle fractures. *Medline.ru*. 2023;24(2):1152-1159. (in Russian).