

А. А. Ситник<sup>1</sup>, О. А. Корзун<sup>1</sup>, А. В. Белецкий<sup>2</sup>,  
М. А. Герасименко<sup>1,2</sup>

## ПЕРЕЛОМО-ВЫВИХИ СУСТАВА ЛИСФРАНКА

ГУ «РНПЦ травматологии и ортопедии»,<sup>1</sup>  
Национальная академия наук Беларуси<sup>2</sup>

В статье описывается прикладная анатомия сустава Лисфранка, механогенез повреждений, принципы классификации, диагностики и лечения. Повреждения сустава Лисфранка являются относительно редкими, составляя 0,2 % от всех переломов. Они включают широкий спектр повреждений: от растяжений до перелома-вывихов с существенными сопутствующими повреждениями мягких тканей. При отсутствии должной первичной диагностики и раннего лечения они могут приводить к длительной и стойкой инвалидизации. Первичная рентгенологическая диагностика должна включать три стандартных проекции: тыльно-подошвенную, боковую и прямую проекцию со внутренней ротацией стопы. КТ (особенно трехмерная реконструкция) играет важную роль при предоперационном планировании, а также диагностике повреждений с минимальными смещениями костных фрагментов. При первичном лечении важно устранить грубые смещения плюсневых костей, которые сами по себе могут вызывать нарушения кровоснабжения дистального отдела стопы и/или компартмент-синдром. Закрытая репозиция и фиксация спицами возможна только в качестве первичного метода лечения. В качестве окончательной фиксации основным методом является открытая репозиция и жесткая фиксация (винтами и/или пластинами), которая позволяет восстановить стабильность среднего отдела стопы.

**Ключевые слова:** стопа – сустав Лисфранка – перелома-вывих – диагностика – лечение.

A. A. Sitnik, O. A. Korzun, A. V. Beleckij, M. A. Gerasimenko

## FRACTURES AND DISLOCATIONS OF THE LISFRANCA JOINT

The article provides current data on the applied anatomy of the Lisfranc joint, mechanisms of injury, classification, diagnostics and treatment. Lisfranc joint injuries are relatively rare – just 0,2 % of all fractures. They include wide spectrum of injuries: from ligament tears to complex fracture-dislocations with severe concomitant soft-tissue injuries. Up to one third of injuries are missed during initial examination. When properly not diagnosed and not treated early these injuries may lead to severe disability. Initial radiological diagnostics shall include three standard projections: AP, lateral and AP with foot pronation. CT (especially 3D-reconstructions) play important role in the pre-operative planning, and in the diagnostics of the injuries with only mild displacements. During initial treatment it is important to reduce gross displacements of the forefoot, which may lead to compartment-syndrome or disorders of the blood supply of the distal part of foot. Closed reduction and wire fixation is appropriate only as initial emergent treatment. The mainstay of the definitive fixation is the open reduction and solid fixation (with screws and/or plates) which enables the restoration of the middle foot stability.

**Key words:** the foot – Lisfranc injury – fracture-dislocation – diagnostics – treatment.

Повреждение Лисфранка названо в честь французского военного хирурга Jacques Lisfranc и обозначает повреждения на уровне предплюсне-плюсневого отдела стопы. Лисфранк описывал ампутацию переднего отдела стопы, выполненную из-за развития сосудистых нарушений после падения солдата с лошади при застрявшей в стремях стопе [18]. Повреждения сустава Лисфранка включают широкий спектр: от растяжений до переломовывихов с грубыми смещениями. Частой ошибкой является именованное повреждение Лисфранка переломов костей предплюсны или плюсны без подвывиха на предплюсне-плюсневом уровне [10].

Данные повреждения относительно редки и составляют примерно 0,2 % от всех переломов [20], часто сопровождаясь переломами среднего и переднего отдела стопы. В США частота данных повреждений составляет 1 случай на 55 000 населения в год, хотя эта цифра считается заниженной из-за того, что примерно треть повреждений не выявляется при первичном осмотре [5].

По механизму возникновения травмы наиболее значимыми являются высоко-энергетические повреждения (ДТП, падение с высоты), которые составляют около двух третей случаев. Другой важной группой является низко-энергетическая травма при занятиях спортом или неудачном шаге – примерно 30 % случаев. Повреждение встречается у мужчин примерно в 2–4 раза чаще и может возникать в любом возрасте, но чаще в течение третьей декады жизни [5].

### Анатомия

Сустав Лисфранка включает сочленения между средним отделом стопы (ладьевидная, три клиновидных и кубовидная кости) и плюсневыми костями. В сагиттальной плоскости пять плюсневых костей участвуют в формировании продольного свода стопы. Основание второй плюсневой кости выдается наиболее проксимально по сравнению с остальными, формируя выемку, обеспечивающую устойчивость к сдвигу переднего отдела стопы медиально или латерально. В поперечном сечении основания плюсневых костей и кубовидные имеют трапециевидную форму, формируя поперечный свод стопы в виде римской арки,

при этом вторая плюсневая снова играет роль «ключевого камня».

Функционально сустав Лисфранка обеспечивает переход между средним и передним отделами стопы и является весьма важным для нормальной ходьбы [8]. С функциональной точки зрения на данном уровне выделяют три колонны. Медиальная колонна включает ладьевидную кость, медиальную клиновидную и первую плюсневую. Средняя колонна включает вторую и третью плюсневые и соответствующие им клиновидные кости, она является наиболее ригидной. Латеральная колонна – сочленение 4–5 плюсневых костей с кубовидной – является наиболее подвижной. Симптоматический посттравматический артрит здесь наблюдается редко. Жесткая средняя колонна обеспечивает рычаг при ходьбе, тогда как медиальная и латеральная колонны обеспечивают адаптацию стопы к неровностям поверхности [8].

Связочный комплекс разделяют на тыльные, межкостные и подошвенные связки. Тыльные связки являются относительно слабыми и фиксируют между собой клиновидные кости, кубовидную и основания пяти плюсневых костей. Среди межкостных связок наибольшее значение имеет связка Лисфранка, начинающаяся на наружной поверхности медиальной клиновидной кости и прикрепляющаяся к нижней половине медиальной поверхности основания второй плюсневой кости. Это наиболее крупная связка комплекса, составляющая 8–10 мм в длину и 5–6 мм в толщину. Несмотря на наличие сложного связочного комплекса на данном уровне, даже изолированное повреждение связки Лисфранка приводит к возникновению клинически значимой нестабильности [15]. На подошвенной поверхности располагаются подошвенные связки, которые значительно варьируются по количеству и расположению, но в целом значительно прочнее тыльных. Медиальные связки более прочны, чем латеральные. Наиболее прочной из подошвенных связок является подошвенная связка Лисфранка (начинается на нижне-наружной поверхности медиальной клиновидной кости и разделяется на два пучка, прикрепляющихся ко второй и третьей плюсневых костям). Она считается ключевой для тарзо-метатарзального сочленения [14].

### Механизм повреждений

Повреждения сустава Лисфранка могут возникать вследствие прямого и непрямого воздействия сил. При прямом высоко-энергетичном воздействии тупой силы чаще всего возникает разможнение стопы со смещением плюсневых костей в тыльном или подошвенном направлении в зависимости от положения стопы и точного направления действующей силы [12]. Такие повреждения часто представлены нетипичными множественными переломами костей стопы и значительными повреждениями мягких тканей, включая нарушения кровоснабжения и компартмент-синдром. По сравнению с непрямыми повреждениями данный тип травм имеет гораздо более худший прогноз [6].

Непрямые повреждения могут возникать как при действии сил высокой или низкой энергии. Высоко-энергетичные повреждения наблюдаются при ДТП, падениях с высоты, а низко-энергетичные – при занятиях спортом [17].

Такие повреждения встречаются чаще чем прямые, и возникают вследствие продольного воздействия силы, приложенной к стопе, находящейся в момент травмы в положении подошвенного сгибания. Подошвенное сгибание переднего отдела стопы (нередко в сочетании с приведением) приводит к разрыву более слабых тыльных связок и смещению плюсневых костей в зависимости от их положения и направления действия силы (рисунок 1).

### Классификации

Наиболее распространенной на сегодняшний день является классификация Myerson, согласно которой переломо-вывихи в суставе Лисфранка разделяются на три типа: тип А – повреждение всех предплюсне-плюсневых сочленений с тотальной инконгруэнтностью (смещение латеральное или тыльно-подошвенное); тип В – с неполной инконгруэнтностью (одна или более плюсневых костей сохраняют свое положение); В1 – смещение первой плюсневой



Рисунок 1. Рентгенограммы перелом-вывихов в суставе Лисфранка. А – Низко-энергетичная травма при подворачивании стопы во время игры в волейбол: сохранение конгруэнтности 1 луча, вывих II-V плюсневых костей с переломом основания II плюсневой кости (тип В2); Б – высоко-энергетичная травма при падении с высоты: раздробление медиальной и средней клиновидных костей, перелом основания II плюсневой кости, вывих всех плюсневых костей (тип А)

кости медиально, тип В2 – смещение латерально меньших плюсневых костей; тип С – дивергентное смещение плюсневых костей в противоположных направлениях (полное или частичное) [11].

Данная классификация, однако, неприменима при низко-энергетичных повреждениях без переломов, которые нередко встречаются при спортивной травме и могут быть легко пропущены при первичном осмотре. В этой подгруппе повреждений применяется классификация Nunley and Vertullo [13].

### Клиника

Клиническая картина при повреждениях сустава Лисфранка может варьировать от грубой и очевидной деформации при высоко-энергетичных повреждениях до малозаметных признаков при низко-энергетичной травме, поэтому крайне важна клиническая настороженность.

При высоко-энергетичной травме отмечается выраженный отек стопы, деформация, уплощение ее сводов. Могут наблюдаться открытые переломы, дефекты мягких тканей, повреждение тыльной артерии стопы и компартмент-синдром, что требует неотложного лечения. Иногда даже при высоко-энергетичных травмах может происходить спонтанная репозиция вывиха, что осложняет диагностику повреждений. Кроме того, возможное наличие других, клинически более манифестных повреждений, может отвлекать внимание врача от повреждений стопы.

При низко-энергетичных повреждениях пациенты жалуются на нарушение опороспособности стопы и отек среднего отдела стопы разной степени выраженности. Патогномичным признаком повреждения сустава Лисфранка является кровоизлияние по подошвенной поверхности стопы в среднем отделе, однако оно может отсутствовать в ранние сроки и при повреждениях только связочного аппарата. Болезненность при пальпации или манипуляциях в проекции предплюсне-плюсневых сочленений характерна для повреждений сустава Лисфранка. Высоко-информативен тест «клавиши», при котором средний и задний отделы стопы фиксируются одной рукой, а другой выполняется попытка сгибания отдельных плюсневых костей путем давления в подошвенную сторону в области головок. При возникновении локальной боли в области основания соответствующей

щей плюсневой кости тест положителен. У пациентов со скрытыми повреждениями может быть информативен тест Curtis: приведение и пронация переднего отдела стопы при фиксированных среднем и заднем отделах вызывают боль при повреждениях [10, 18].

### Рентгенологическая диагностика

Первичное рентгенологическое обследование пациентов с подозрением на повреждение Лисфранка должно включать: тыльно-подошвенную прямую рентгенограмму стопы, тыльно-подошвенную рентгенограмму при 30° внутренней ротации и боковую рентгенограмму. При выраженных смещениях данные проекции обеспечивают четкое выявление повреждения и могут применяться для определения тактики лечения. Однако, при низко-энергетичных травмах повреждения могут быть не выявлены из-за наложения костей друг на друга, а также возможной спонтанной репозиции.

На тыльно-подошвенных рентгенограммах оценивается непрерывность линий (1) медиального края второй плюсневой и средней клиновидной костей, а также третьей плюсневой и латеральной клиновидной костей, (2) латерального края первой плюсневой и медиальной клиновидной костей, (3) ширина пространства между медиальной клиновидной костью и основанием второй плюсневой кости не должна превышать 2 мм (рисунок 2) [10, 16].

На косых рентгенограммах оцениваются латеральный край средней клиновидной и второй плюсневой, а также латеральной клиновидной и третьей плюсневой костей. Четвертая и пятая клиновидные кости должны располагаться напротив кубовидной кости.

Рентгенологическими признаками повреждения Лисфранка являются: 1) расширение пространства между основаниями первой и второй плюсневых костей более 1 мм, 2) расширение пространства между средней клиновидной и основанием второй плюсневой кости более 2 мм и 3) любая неправильность описанных выше линий между второй и третьей плюсневыми и соответствующими им клиновидными костями. На боковой рентгенограмме таковыми признаками являются: 1) уменьшение расстояния между подошвенными поверхностями основания V плюсневой и медиальной клиновидной костей, 2) подвывих плюсневых костей (любой из них) к тылу и 3) тарзометатарзальный



Рисунок 2. Основные линии, характеризующие нормальные соотношения в суставе Лисфранка [10]

угол более  $15^\circ$ . Наиболее частым признаком повреждения сустава Лисфранка считается смещение медиального края II плюсневой кости латерально, а диастаз между ними более 2 мм указывает на нестабильность [10, 11].

При наличии клинических подозрений и отсутствии рентгенологических изменений на стандартных рентгенограммах для уточнения диагноза могут применяться рентгенограммы под нагрузкой (боковая поврежденной стопы и тыльно-подошвенные обеих стоп для сравнения). При острой травме выполнение данных рентгенограмм может быть затруднительным из-за болей: в таких случаях возможно применение локальной анестезии или выполнение снимков через неделю после травмы при уменьшении болевого синдрома [6, 9].

#### КТ

КТ имеет преимущества над рентгенограммами, так как полнее демонстрирует костную анатомию (без наложений костей), может выявлять небольшие переломы и смещения при

низко-энергетических повреждениях. КТ является важным средством оценки параметров перелома: смещения, степень раздробления, вовлечение суставной поверхности, а также выявление любых интерпонированных мягких тканей (чаще сухожилий), препятствующих репозиции. Трехмерные реконструкции особенно важны для предоперационного планирования и понимания сути повреждения при сложных высоко-энергетических повреждениях [9].

#### МРТ

МРТ играет важную роль при низко-энергетических травмах с минимальными костными повреждениями и при правильном выполнении позволяет четко оценить состояние связочного аппарата предплюсне-плюсневых сочленений [13, 16].

#### Лечение

Целью лечения является восстановление стабильности стопы и безболезненных движений. Достижение анатомического положения

является наиболее важным фактором обеспечения данного результата: при его обеспечении хорошие функциональные результаты отмечаются в 50–95 % случаев, тогда как при неудаче – только в 17–30 % [18, 20].

#### *Первичное лечение*

Первичное лечение зависит от природы повреждения. Вывихи плюсневых костей должны быть немедленно устранены для предотвращения дальнейших повреждений мягких тканей из-за давления изнутри. При открытых повреждениях необходима немедленная хирургическая обработка ран и стабилизация костных повреждений (спицы, внешний фиксатор). Наличие компартмент-синдрома требует неотложной декомпрессии отсеков стопы [1].

*Консервативное* лечение имеет крайне ограниченные показания и применяется лишь в случаях растяжений капсуло-связочного аппарата (отсутствие смещений костных фрагментов, стабильность повреждения на функциональных снимках) [13], а также у малоподвижных пациентов, пациентов с отсутствием чувствительности стопы или предшествующими воспалительными артритами [18].

Применяется фиксация гипсовой повязкой или ортезом в течение 6–10 недель с дозированной по болевым ощущениям нагрузкой конечности. Спустя 2–3 недели после начала лечения выполняются контрольные рентгенограммы для исключения вторичных смещений. В целом курс консервативного лечения обычно составляет около 4 месяцев [18].

*Хирургическое* лечение показано при смещенных переломах и переломах-вывихах, а также при нестабильных связочных повреждениях.

Срок выполнения вмешательства зависит от состояния мягких тканей. При отсутствии описанных выше повреждений (компаратмент-синдрома, открытых повреждений) и устраненной грубой деформации, окончательную репозицию и фиксацию рекомендуется выполнять после нормализации состояния мягких тканей (спадение отека, заживление фликтен или ран) [1, 2].

Закрытая репозиция и чрезкожная фиксация спицами могут применяться при неотложном лечении перелома-вывиха сустава Лисфранка. Однако анатомическое положение отломков при таком подходе достигается редко из-за частой интерпозиции костного фрагмента

или мягких тканей в области основания II плюсневой кости. Кроме того, фиксация спицами сопряжена с высоким риском осложнений (миграция фиксаторов, костных фрагментов, инфекция) и в настоящее время в качестве основного метода лечения не рекомендуется [2, 5, 10, 17, 18].

Стандартным методом лечения перелома-вывихов сустава Лисфранка является открытая репозиция и внутренняя фиксация. В зависимости от вовлеченных суставов применяются один или два хирургических доступа. Первый (основной) доступ выполняется в проекции первого межплюсневого промежутка. Разрез длиной около 6 см центрируется над предплюсне-плюсневом суставом и выполняется чуть латеральнее сухожилия длинного разгибателя пальцев. Сосудисто-нервный пучок располагается кнаружи от сухожилия и отводится латерально, при этом обнажается тыльная поверхность оснований I и II плюсневых и соответствующих клиновидных костей. Второй доступ (при необходимости) выполняется в проекции IV плюсневой кости. Расположение данного доступа лучше контролировать путем выполнения рентген-снимка в положении внутренней ротации стопы для предотвращения слишком медиального его выполнения. Доступ проходит чуть латеральнее длинного разгибателя пальцев, под которым находится короткий разгибатель пальцев. Последний мобилизуется от кости, обнажая основания III и IV плюсневых костей [4].

«Ключом к суставу» считается положение II плюсневой кости, поэтому к ее репозиции следует относиться особенно внимательно. Как правило, сначала выполняется репозиция I плюсневой кости и ее временная фиксация к медиальной клиновидной, затем в углубление между медиальной и латеральной клиновидными костями репозируется основание II плюсневой кости, а далее репозируются оставшиеся латеральные плюсневые кости. Наиболее жесткая фиксация требуется для I-III лучей стопы, для чего применяются трансартикулярно 3,5–4,0 мм винты или 2,7 мм пластины по тыльной поверхности. IV и V плюсневые кости могут быть фиксированы спицами, так как функция этих суставов заключается в адаптации стопы к поверхности и в норме они более подвижны по сравнению с I-III лучами.

В послеоперационном периоде конечность фиксируют короткой гипсовой шиной, нагруз-

ка конечности массой тела начинается спустя 3 недели после операции с целью достижения полной нагрузки в ортезе к 8 неделям после операции. Пользование обычной обувью обычно разрешается спустя 3 месяца после операции. Спицы Киршнера удаляются спустя 6 недель после операции, трансартикулярные винты обычно в срок 4–6 месяцев.

При раздроблении суставной поверхности, позднем хирургическом лечении, наличии уже имеющихся артритических изменений или нейротопий может быть показано выполнение первичного артродеза [12]. Также более высокая эффективность первичного артродеза была выявлена при вывихах в суставе Лисфранка без грубых костных повреждений [4]. При обобщенном сравнительном анализе остеосинтеза и первичного артродеза всех типов повреждений сустава Лисфранка функциональные результаты ORIF и первичного артродеза не отличались, однако в группе фиксации отмечена более высокая частота повторных операций за счет необходимости рутинного удаления фиксирующих винтов [7, 19].

Фиксация 1–3 лучей стопы пластинами находит все более широкое применение, особенно при раздробленных переломах. При фиксации пластиной нет дополнительного повреждения суставного хряща (по сравнению с трансартикулярным проведением винта). Раневые осложнения сопоставимы по частоте с применением спиц, однако биомеханически фиксация столь же прочна, как и фиксация винтами, что позволяет не откладывать нагрузку весом. Удаление фиксаторов при правильном расположении низкопрофильных пластин не является обязательным [3, 18].

Травмы сустава Лисфранка являются относительно редкими, однако включают широкий спектр повреждений от растяжений до перелома-вывихов с существенными сопутствующими повреждениями мягких тканей. При отсутствии должной первичной диагностики и раннего лечения они могут приводить к длительной и стойкой инвалидизации. Важной является клиническая настороженность в отношении данных повреждений как при высоко-, так и при низкоэнергетичной травме стопы. Хирургический метод лечения является основным: открытая репозиция и жесткая фиксация (винтами и/или пластинами) позволяют восстановить стабильность среднего отдела стопы.

## Литература

1. Ситник, А. А., Белецкий А. В. Лечение открытых переломов нижних конечностей в современных условиях // Медицинские новости. – 2011. – № 7. – P. 27–31.
2. Ahluwalia, R. [et al.]. Surgical controversies and current concepts in Lisfranc injuries // British medical bulletin. – 2022. – № 1 (144). – P. 57–75.
3. Bansal, A. [et al.]. Ligamentous Lisfranc Injury: A Biomechanical Comparison of Dorsal Plate Fixation and Transarticular Screws // Journal of orthopaedic trauma. – 2019. – № 7 (33). – P. e270–e275.
4. Coetzee, J. C., Ly T. V Treatment of primarily ligamentous Lisfranc joint injuries: primary arthrodesis compared with open reduction and internal fixation. Surgical technique // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2007. – Vol. 89, Suppl 2. – P. 122–127.
5. Desmond, E. A., Chou L. B. Current concepts review: Lisfranc injuries // Foot & ankle international. – 2006. – № 8 (27). – P. 653–660.
6. Hatem, S. F. Imaging of lisfranc injury and midfoot sprain // Radiologic clinics of North America. – 2008. – № 6 (46). – P. 1045–60.
7. Henning, J. A. [et al.]. Open reduction internal fixation versus primary arthrodesis for lisfranc injuries: a prospective randomized study // Foot & ankle international. – 2009. – № 10 (30). – P. 913–922.
8. Lau, S., Bozin M., Thillainadesan T. Lisfranc fracture dislocation: a review of a commonly missed injury of the midfoot // Emergency medicine journal: EMJ. – 2017. – № 1 (34). – P. 52–56.
9. Llopis, E. [et al.]. Lisfranc Injury Imaging and Surgical Management // Seminars in musculoskeletal radiology. – 2016. – № 2 (20). – P. 139–153.
10. Mulcahy, H. Lisfranc Injury: Current Concepts // Radiologic clinics of North America. – 2018. – № 6 (56). – P. 859–876.
11. Myerson, M. S. [et al.]. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: end results correlated with pathology and treatment // Foot & ankle. – 1986. – № 5 (6). – P. 225–242.
12. Myerson, M. S., Cerrato R. A. Current management of tarsometatarsal injuries in the athlete // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2008. – № 11 (90). – P. 2522–2533.
13. Nunley, J. A., Vertullo C. J. Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete // The American journal of sports medicine. – 2002. – № 6 (30). – P. 871–878.
14. de Palma, L. [et al.]. Anatomy of the Lisfranc joint complex // Foot & ankle international. – 1997. – № 6 (18). – P. 356–364.
15. Panchbhavi, V. K. [et al.]. A minimally disruptive model and three-dimensional evaluation of Lisfranc joint diastasis // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2008. – № 12 (90). – P. 2707–2713.
16. Siddiqui, N. A. [et al.]. Evaluation of the tarsometatarsal joint using conventional radiography, CT, and MR imaging // Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc. – 2014. – № 2 (34). – P. 514–531.
17. Stavlas, P. [et al.]. The role of reduction and internal fixation of Lisfranc fracture-dislocations: a systematic

review of the literature // International orthopaedics. – 2010. – № 8 (34). – P. 1083–1091.

18. *Watson, T. S., Shurnas P. S., Denker J.* Treatment of Lisfranc joint injury: current concepts // The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2010. – № 12 (18). – P. 718–728.

19. *Weatherford, B. M., Bohay D. R., Anderson J. G.* Open Reduction and Internal Fixation Versus Primary Arthrodesis for Lisfranc Injuries // Foot and ankle clinics. – 2017. – № 1 (22). – P. 1–14.

20. *Welck, M. J., Zinchenko R., Rudge B.* Lisfranc injuries // Injury. – 2015. – № 4 (46). – P. 536–541.

## References

1. *Sitnik, A. A.* Lechenie otrkrytyh perelomov nizhnih konechnostej v sovremennyh usloviyah / A. A. Sitnik, A. V. Beleckij // Med. novosti. – 2011. – № 7. – S. 27–31.

2. *Ahluwalia, R.* [et al.]. Surgical controversies and current concepts in Lisfranc injuries // British medical bulletin. – 2022. – № 1 (144). – P. 57–75.

3. *Bansal, A.* [et al.]. Ligamentous Lisfranc Injury: A Biomechanical Comparison of Dorsal Plate Fixation and Transarticular Screws // Journal of orthopaedic trauma. – 2019. – № 7 (33). – P. e270–e275.

4. *Coetzee, J. C., Ly T. V.* Treatment of primarily ligamentous Lisfranc joint injuries: primary arthrodesis compared with open reduction and internal fixation. Surgical technique // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2007. – Vol. 89, Suppl 2. – P. 122–127.

5. *Desmond, E. A., Chou L. B.* Current concepts review: Lisfranc injuries // Foot & ankle international. – 2006. – № 8 (27). – P. 653–660.

6. *Hatem, S. F.* Imaging of lisfranc injury and midfoot sprain // Radiologic clinics of North America. – 2008. – № 6 (46). – P. 1045–60.

7. *Henning, J. A.* [et al.]. Open reduction internal fixation versus primary arthrodesis for lisfranc injuries: a prospective randomized study // Foot & ankle international. – 2009. – № 10 (30). – P. 913–922.

8. *Lau, S., Bozin M., Thillainadesan T.* Lisfranc fracture dislocation: a review of a commonly missed injury of the midfoot // Emergency medicine journal: EMJ. – 2017. – № 1 (34). – P. 52–56.

9. *Llopis, E.* [et al.]. Lisfranc Injury Imaging and Surgical Management // Seminars in musculoskeletal radiology. – 2016. – № 2 (20). – P. 139–153.

10. *Mulcahy, H.* Lisfranc Injury: Current Concepts // Radiologic clinics of North America. – 2018. – № 6 (56). – P. 859–876.

11. *Myerson, M. S.* [et al.]. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: end results correlated with pathology and treatment // Foot & ankle. – 1986. – № 5 (6). – P. 225–242.

12. *Myerson, M. S., Cerrato R. A.* Current management of tarsometatarsal injuries in the athlete // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2008. – № 11 (90). – P. 2522–2533.

13. *Nunley, J. A., Vertullo C. J.* Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete // The American journal of sports medicine. – 2002. – № 6 (30). – P. 871–878.

14. *de Palma, L.* [et al.]. Anatomy of the Lisfranc joint complex // Foot & ankle international. – 1997. – № 6 (18). – P. 356–364.

15. *Panchbhavi, V. K.* [et al.]. A minimally disruptive model and three-dimensional evaluation of Lisfranc joint diastasis // The Journal of bone and joint surgery. American volume. – 2008. – № 12 (90). – P. 2707–2713.

16. *Siddiqui, N. A.* [et al.]. Evaluation of the tarsometatarsal joint using conventional radiography, CT, and MR imaging // Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc. – 2014. – № 2 (34). – P. 514–531.

17. *Stavlas, P.* [et al.]. The role of reduction and internal fixation of Lisfranc fracture-dislocations: a systematic review of the literature // International orthopaedics. – 2010. – № 8 (34). – P. 1083–1091.

18. *Watson, T. S., Shurnas P. S., Denker J.* Treatment of Lisfranc joint injury: current concepts // The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2010. – № 12 (18). – P. 718–728.

19. *Weatherford, B. M., Bohay D. R., Anderson J. G.* Open Reduction and Internal Fixation Versus Primary Arthrodesis for Lisfranc Injuries // Foot and ankle clinics. – 2017. – № 1 (22). – P. 1–14.

20. *Welck, M. J., Zinchenko R., Rudge B.* Lisfranc injuries // Injury. – 2015. – № 4 (46). – P. 536–541.

Поступила 08.04.2024 г.