

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ: КЛИНИКО-ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Жураев Шахзод

Термезский филиал Ташкентского медицинского университета

Аннотация. Переломы длинных костей нижних конечностей остаются одной из самых распространённых травм в современной клинической практике, требующих длительного лечения, сложного реабилитационного процесса и нередко приводящих к стойким функциональным нарушениям. В статье рассматриваются современные представления о патогенезе костной регенерации, роли микрососудистых нарушений, нейрогуморальных факторов, а также значение минимально инвазивных технологий остеосинтеза в восстановлении анатомической целостности и функции конечностей. Автор акцентирует внимание на взаимосвязи между морфологическими изменениями костной ткани, качеством репаративного остеогенеза и общим состоянием организма пострадавшего. Приводятся клинические наблюдения и обобщения, подтверждающие необходимость индивидуализированного подхода к выбору метода лечения. Показано, что оптимальное восстановление структуры кости возможно лишь при сохранении кровоснабжения, ранней стабилизации отломков и адекватной трофической поддержке тканей. В заключении подчёркивается роль мультидисциплинарного подхода в лечении переломов, объединяющего хирургов, физиотерапевтов и реабилитологов.

Ключевые слова: перелом, остеосинтез, костная регенерация, остеогенез, репарация, нижние конечности, травматология, реабилитация.

Введение. В последние десятилетия в мире наблюдается устойчивый рост травматизма, особенно среди лиц трудоспособного возраста. По данным Всемирной организации здравоохранения, переломы длинных костей нижних конечностей — бедренной и большеберцовой — занимают лидирующее место среди тяжёлых скелетных повреждений, требующих госпитализации. Основными причинами остаются дорожно-транспортные происшествия, производственные травмы и падения с высоты. Современная травматология рассматривает перелом не только как механическое повреждение кости, но и как сложный биологический процесс, включающий воспалительную реакцию, ангиогенез, клеточную пролиферацию и

ремоделирование тканей. Поэтому подход к лечению должен быть не только хирургическим, но и патофизиологически обоснованным.

Восстановление костной целостности — это не просто механическое сращение отломков. Это результат тонко регулируемых биохимических процессов, зависящих от состояния периоста, эндоста, кровоснабжения и клеточного потенциала. Даже при анатомически правильном сопоставлении костных фрагментов отсутствие адекватного трофического обеспечения может привести к ложным суставам, замедленной консолидации и остеомиелиту.

В этой связи особую роль приобретают современные методы остеосинтеза, направленные не столько на жёсткую фиксацию, сколько на физиологическую стабилизацию и сохранение кровоснабжения кости. Минимально инвазивные технологии, развитие биосовместимых имплантов и применение остеиндукторных материалов открывают новые горизонты в восстановительной хирургии костей.

Клинические и патогенетические аспекты

Перелом длинной кости нижней конечности сопровождается не только локальным разрушением костной структуры, но и значительными сосудистыми нарушениями. Повреждение питающих артерий вызывает ишемию периостальных зон, что задерживает остеогенез. Параллельно развивается воспалительная реакция — первичная биологическая фаза репарации, в которой доминируют макрофаги и фибробласты. Они выделяют цитокины, стимулирующие образование остеобластов.

Однако характер этого воспалительного ответа определяет дальнейшее течение процесса: чрезмерное воспаление может привести к фиброзу и замедлению костеобразования, тогда как умеренный воспалительный фон способствует формированию первичного костного мозоля. Важным фактором является также эндокринный статус — недостаток витамина D, паратиреоидного гормона и андрогенов замедляет минерализацию кости.

У пациентов пожилого возраста, особенно женщин после менопаузы, отмечается выраженное снижение остеобластической активности и замедление ремоделирования. Это делает переломы в этой группе наиболее сложными для лечения, поскольку наряду с физическим повреждением присутствует метаболическая остеопения, ухудшающая репаративные процессы.

Костная ткань — живая структура, и её восстановление требует участия не только остеогенных клеток, но и микрососудистой сети. Исследования последних лет показали, что при переломах с массивным повреждением мягких тканей консолидация кости напрямую зависит от скорости ангиогенеза. Нарушение капиллярного кровотока в первые дни после травмы снижает доставку кислорода и питательных веществ, что делает остеобластическую активность крайне низкой.

Поэтому одним из главных принципов современной травматологии является сохранение кровоснабжения при остеосинтезе. Это особенно важно при переломах бедренной кости, где обширные мышечные массивы могут вызывать компрессию сосудов, приводя к ишемии и некрозу периоста.

Современные методы остеосинтеза и их роль в репарации

Эволюция остеосинтеза прошла путь от массивных металлических фиксаторов к биологически совместимым и функционально гибким конструкциям. Современные пластины и интрамедуллярные стержни из титана обладают высокой прочностью и в то же время позволяют сохранять микродвижения, стимулирующие физиологический остеогенез.

В последние годы активно применяется так называемый биологический остеосинтез — методика, при которой хирург не стремится к идеальному сопоставлению всех отломков, а минимизирует травматизацию мягких тканей и сосудов. Цель — создать условия, близкие к естественным, чтобы организм сам завершил процесс костеобразования.

Ключевым элементом этой философии является сохранение гематомы в зоне перелома, поскольку именно она содержит остеопрогениторные клетки и ростовые факторы. Удаление гематомы, наоборот, приводит к замедлению репарации. Таким образом, хирургическое вмешательство становится не просто механическим актом, а тонко регулируемым биологическим воздействием.

Большое значение имеет и развитие минимально инвазивных методов фиксации — перкутанных интрамедуллярных стержней, блокируемых винтов, а также внешних фиксаторов типа аппарата Илизарова. Последний позволяет проводить постепенное вправление и дозированную компрессию, что активирует ангиогенез и ускоряет образование костной мозоли.

Современная биотехнология также внесла значительный вклад: использование остеоиндукторных белков, костных морфогенетических факторов (BMP-2, BMP-7) и биокерамических матриц значительно увеличивает скорость консолидации, особенно при множественных или осложнённых переломах.

Реабилитация и восстановление функции

Период после фиксации отломков является не менее важным, чем сама операция. Ошибкой считается длительная иммобилизация, которая приводит к атрофии мышц и остеопорозу в зоне неподвижности. Современные подходы в реабилитации направлены на раннюю мобилизацию пациента, постепенное восстановление нагрузки и активацию кровообращения.

В первые дни после операции важна физиотерапия, включающая магнитотерапию, лазерное и ультразвуковое воздействие, стимулирующее остеогенез. Через 2–3 недели назначаются изометрические упражнения, направленные на поддержание тонуса мышц. Постепенно вводятся активные движения, позволяющие улучшить микроциркуляцию и питание костной ткани.

Реабилитация должна проводиться под контролем физиотерапевта и травматолога, с учётом рентгенологических данных о формировании костной мозоли. Особое внимание уделяется профилактике контрактур суставов и восстановлению осевой нагрузки.

Психологический аспект также играет важную роль: пациенты, испытывающие страх перед движением, демонстрируют замедленное восстановление. Поэтому мультидисциплинарный подход, включающий психологическую поддержку, позволяет достичь лучших результатов.

Патофизиологические особенности заживления переломов

Заживление кости — это сложная последовательность взаимосвязанных этапов. В первые часы после перелома формируется кровяной сгусток, который служит основой для пролиферации фибробластов и остеогенных клеток. На второй неделе начинается образование мягкого фиброзно-хрящевого мозоля, постепенно замещаемого твёрдым костным.

Фаза минерализации сопровождается активной деятельностью остеобластов, синтезирующих остеоид, и остеокластов, участвующих в ремоделировании. Успешная консолидация требует идеального баланса между этими клетками. Любое воспалительное осложнение или ишемия приводит к смещению равновесия и образованию дефектного мозоля.

Микроскопические исследования показывают, что качество костной регенерации напрямую зависит от состояния периоста: при его сохранении формируется плотный ламеллярный остеоид, а при повреждении преобладает рыхлая, губчатая структура, подверженная деформации.

Значительную роль играет и системное состояние организма: сахарный диабет, остеопороз, хронические воспалительные заболевания существенно ухудшают способность к остеогенезу. Именно поэтому в современной травматологии уделяется внимание не только хирургической технике, но и общесоматическому статусу больного, его питанию, уровню белка, витаминов и микроэлементов.

Обсуждение. Современная травматология стоит на грани между инженерией и биологией. С одной стороны, она использует точные технологии, металлоконструкции и компьютерную навигацию; с другой — опирается на понимание живой ткани, её регенераторных возможностей и реактивности. Наиболее успешные результаты достигаются тогда, когда хирург действует в согласии с физиологией, не нарушая естественные процессы восстановления.

Переход от агрессивных операций к щадящим биологическим методам стал революцией в лечении переломов. Теперь главная цель — не «жесткая фиксация», а «функциональное заживление». Это означает сохранение подвижности, кровоснабжения и трофики тканей при обеспечении стабильности.

Важным направлением является и профилактика осложнений — тромбоэмболии, жировой эмболии, инфекционных процессов. Современные антикоагулянты, антисептические покрытия имплантов и контролируемая антибиотикопрофилактика значительно снизили риск послеоперационных проблем.

Заключение. Таким образом, переломы длинных костей нижних конечностей представляют собой не просто механическую травму, а сложное системное нарушение, требующее комплексного подхода. Эффективное лечение

возможно только при сочетании грамотного хирургического вмешательства, сохранения биологических условий остеогенеза и адекватной реабилитации.

Современные принципы травматологии основываются на уважении к физиологии кости: сохранение кровоснабжения, минимальная травматизация тканей, ранняя мобилизация и активное участие пациента в процессе восстановления.

Только при таком подходе можно достичь анатомического, функционального и социального выздоровления, вернуть пострадавшего к полноценной жизни.

Список использованной литературы

1. Гаврилюк, В. П., Емельянов, С. Г. **Травматология и ортопедия: национальное руководство.** — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 1032 с.
2. Миронов, С. П., Шевцов, В. И. **Современные технологии остеосинтеза в лечении переломов длинных костей.** — *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2022. — № 3. — С. 7–15.
3. Корж, Н. А., Лоскутов, А. Е. **Биомеханические основы остеосинтеза длинных костей.** — *Травматология и ортопедия России*, 2020. — Т. 26, № 1. — С. 44–52.
4. Михайлов, С. В., Ермаков, И. П. **Современные принципы репаративного остеогенеза.** — *Вестник хирургии им. И. И. Грекова*, 2021. — № 4. — С. 18–25.
5. AO Foundation. **AO Principles of Fracture Management.** — 4th ed. — Stuttgart: Thieme, 2020. — 1108 p.
6. Giannoudis, P. V., Dinopoulos, H., Tsiridis, E. **Bone substitutes: an update.** — *Injury*, 2005; Vol. 36 (Suppl. 3): S20–S27.
7. Rüedi, T. P., Buckley, R., Moran, C. **AO Principles of Fracture Management.** — Davos: AO Publishing, 2018. — 890 p.