

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ЛЕЧЕНИЯ ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМОВ

Проф. А. К. ПОПСУЙШАПКА¹, В. А. ЛИТВИШКО²

¹ Харьковская медицинская академия последипломного образования,

² Чугуевская центральная районная больница имени Н. И. Кононенко, Харьковская область

На основании собственных исследований и других научных данных представлены закономерности процесса заживления перелома, роль факторов регенерации и таких условий лечения, как жесткость соединения отломков. Дана критическая оценка концепции Ассоциации остеосинтеза по поводу относительно стабильной фиксации отломков при диафизарном переломе, представлена своя точка зрения.

Ключевые слова: диафизарные переломы, регенерация, несращение, напряжение регенерирующих тканей, перемещения отломков.

Эффективность лечения переломов костей определяется прежде всего частотой несращения отломков или их замедленного сращения. Практика показывает, что это основное осложнение, с которым сталкиваются при лечении диафизарного перелома. Чтобы с ним успешно бороться, необходимо понять его происхождение и связь с применяемыми методиками лечения. К сожалению, специальных научных исследований, посвященных анализу частоты данного осложнения, мало.

В зарубежной литературе встречаются сообщения [1, 2], в которых указано, что, несмотря на отработанные методики хирургического лечения, приблизительно 5–10% из 7,9 млн всех переломов, которые регистрируются ежегодно в США, заканчиваются несращением. При этом надо понимать, что такой процент несращений относится ко всем переломам, среди которых большую часть составляют метаэпифизарные, поэтому он не отражает действительной части несращений после диафизарных переломов. Поскольку данное осложнение характерно именно для диафизарных переломов, то для них этот показатель будет значительно выше.

Нельзя не сослаться на исследование ведущих украинских ортопедов-травматологов [3], в котором проанализировано 2 358 анкет больных с закрытыми переломами всех локализаций, лечившихся в 24 городах Украины в течение 2008–2009 гг. Авторы отмечают, что в каждом третьем случае, а точнее у 32,7% пострадавших, вдвое увеличен срок сращения перелома. Частота замедленного сращения при диафизарных переломах плеча составила 21,4%, бедра — 47,7%, голени — 74,0% случаев. Приводятся данные о положительном влиянии на скорость сращения остеогенона и препаратов кальция. О частоте несращения авторы не упоминают, так же, как и не дают пояснений относительно высокого процента случаев замедленного сращения.

В Украине стремительно увеличивается число пострадавших с переломами костей конечностей, подвергающихся оперативному лечению. Вместе с тем в последнее десятилетие на отечественном медицинском рынке появилось много фиксаторов, предназначенных для хирургического лечения. Этому способствует активность фирм-производителей, принимающих участие в проведении научно-практических форумов. Все это кажется прогрессивным, однако травматология может развиваться и совершенствоваться только тогда, когда результаты, получаемые от использования новых устройств и методик лечения, подвергаются объективной оценке. Несмотря на разговоры о необходимости доказательной медицины применительно к использованию различных многочисленных фиксаторов для лечения переломов, ничего в этом направлении не делается.

На сегодняшний день единственным государственным институтом, где можно получить объективную информацию о результатах лечения переломов, является сеть травматологических медико-социальных экспертных комиссий (МСЭК), которые работают во всех областях Украины. Нами проведено ретроспективное, слепое, многоцентровое исследование частоты несращения и замедленного сращения отломков при изолированных диафизарных переломах длинных костей конечностей [4] по данным Харьковской травматологической МСЭК. За период 2008–2010 гг. было первично освидетельствовано 726 пострадавших спустя 4 мес после травмы, которые лечились в специализированных отделениях медицинских учреждений Харькова и области. Среди них у 58% пациентов применялся накостный и интрамедуллярный остеосинтез, у 22% — внеочаговый остеосинтез стержневым аппаратом, или аппаратом Илизарова, у 20% — гипсовая повязка или скелетное вытяжение. Результаты свидетельствуют, что наибольший показатель несращений, которые потребовали дополнительного хирургического лечения, отмечен

после накостного и **интрамедуллярного остеосинтеза** — от 20,5 до 26,0% случаев в зависимости от сегмента. Замедленное сращение выявлено у 46–68% больных и лишь примерно у 20–30% сращение отломков достигнуто в сроки 4–5 мес. Приведенные данные говорят о том, что далеко не все благополучно в деле **лечения диафизарных переломов**, несмотря на высокое качество фиксаторов, вспомогательного инструментария и технологии их применения.

По нашему убеждению, совершенство фиксатора, а точнее конструкции «отломки — фиксатор», которая создается в результате операции остеосинтеза, зависит от того, насколько она способна обеспечить условия для естественного формирования структурно-организованного костного регенерата.

Очень важно пояснить, что мы подразумеваем под структурно-организованным регенератом, а затем рассмотреть условия, которые для этого необходимы.

Опираясь на ряд известных исследований [5–10], включая и собственные [9, 10], можно определить структурно-организованный регенерат при диафизарном переломе как целостное костное (или костно-хрящевое) веретеноподобное образование, состоящее из трабекулярной кости, которая по периферии имеет повышенную плотность с преимущественно продольным расположением трабекул (рисунок). На этапе формирования оно может состоять в центральной части из хрящевой ткани, которая **в последующем подвергается оссификации**. Благодаря таким свойствам регенерата, как веретенообразная геометрия с расположением более плотной кости по периферии, он обладает необходимым запасом прочности при действии разновекторных нагрузок. Соответственно, несросшийся перелом прежде всего характеризуется отсутствием структурной организации костного регенерата. Это его прерывистая форма, напоминающая песочные часы, и наличие соединительной ткани в центральной части.

Теперь рассмотрим условия, которые необходимы для формирования структурной организации регенерата после диафизарного перелома. Но **вначале** необходимо разграничить такие понятия, как

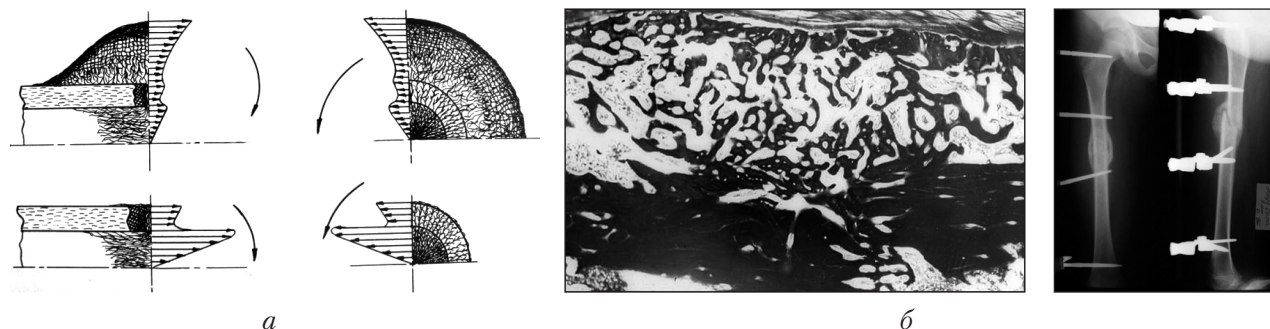
условие сращения (или *несращения*) и *фактор сращения*. Условий может быть очень много, а факторы ограничены, они непосредственно организуют основные явления процесса регенерации.

Считаем необходимым выделить две группы факторов, находящихся в **прямой причинно-следственной** связи с процессом сращения отломков. Первая группа факторов определяет перемещение, размножение и дифференциацию клеток в образовавшемся дефекте тканей, они являются генетически закрепленным ответом на травматическое повреждение. Прежде всего необходимо обратить внимание на высвобождение и **концентрацию** в очаге поражения ряда тромбоцитарных факторов, высвобождение и **концентрация** которых неразрывно связаны с **процессом свертывания** излившейся крови [12]. Одновременно под действием тромбопластина образуется первичный фибриновый матрикс, на котором фиксируются и организовано перемещаются мезенхимальные клетки [11–14]. Предлагаем эту совокупность факторов назвать факторами сосудисто-клеточной организации фибринового сгустка.

Вторая группа факторов имеет механическую природу и определяет структурную организацию как фибрин-кровяного сгустка, так и **образуемого в последующем регенерата кости**. Это **векторность** внутренних напряжений тех материальных субстанций, на основе которых «разворачивается» пролиферация клеток и **происходит синтез опорных структур** (окружающие ткани, образуемый фибриновый сгусток) [11, 15–18]. Внутренние напряжения инициируются многими условиями: внутритканевым давлением излившейся крови, величиной перемещения отломков, напряжением мышцы, жесткостью или гибкостью фиксатора и так далее.

Теперь вернемся к условиям. Их может быть множество, фигурально выражаясь, от квалификации врача до концентрации сахара в крови или качества металла, из которого изготовлен фиксатор. Условия следует систематизировать таким образом:

внутренние: местные — объем и характер разрушения тканей при переломе, и общие — общее состояние организма после травмы, сопутствующие заболевания;



Структура костного регенерата при диафизарном переломе кости по данным А. Sarmiento, 1981 (а); А. К. Попсуй-шапки, 1991 (б) [8, 11]

внешние: медикаментозное воздействие на систему свертывания крови; режим создаваемой фиксации отломков; режим функциональной нагрузки поврежденной конечности.

Среди указанных условий есть те, которые возникают и (или) существуют объективно, и те, которые нами создаются. На последних необходимо сосредоточиться и проанализировать их влияние на обозначенные факторы процесса регенерации кости. Ограничимся двумя наиболее важными, с нашей точки зрения, аспектами.

Первый. Влияние объема разрушения тканей в зоне перелома на факторы регенерации. Общеизвестно, что закрытые переломы заживают быстрее и с меньшим числом осложнений, чем открытые. В свое время нами при лечении диафизарных переломов конечностей была установлена зависимость между величиной первичного смещения отломков и сроками их сращения [10]. Как показали последующие исследования, это объясняется особенностями формирования фибрин-кровяного сгустка в **околоотломковом пространстве, образованном** в результате разрыва мягких тканей [11]. Форма и размеры сгустка зависят от величины отслоения надкостнично-мышечного футляра, его разрывов отломками и величины их смещения. Чем меньше межтканевая полость, заполняемая кровью, тем лучше условия для фибринообразования и быстрой организации сгустка в костный регенерат. При обширном отслоении и разрывах надкостнично-мышечного футляра часто не происходит локализации гематомы, она распространяется по межтканевым разрывам и тем самым ухудшает условия для формирования цельного фибрин-кровяного сгустка, соединяющего отломки. В этой связи важно знать, что хирургическое рассечение сохранившихся мягких тканей, окружающих отломки (особенно при их небольшом смещении), не просто усугубляет уже нарушенное кровоснабжение зоны будущей регенерации, а ликвидирует **первично сформированный межотломковый фибрин-кровяной сгусток**, являющийся очагом концентрации факторов регенерации.

Второй. Режим фиксации отломков и регенерация. Применяемые способы соединения и удержания отломков отличаются по признаку их перемещений в процессе лечения. **Мы провели исследование** величины этих перемещений на физических моделях [18–21] и **предложили способы соединения отломков** разделить на жесткие и деформируемые (упруго-деформируемые, упруго-пластично деформируемые) [22]. Научная важность данного вопроса очевидна, ибо, когда мы узнаем о том, как перемещения отломков влияют на структурную организацию регенерата, мы сможем определиться с биологически целесообразным режимом фиксации и нагрузки сломанного сегмента. Ответ на этот вопрос разъяснит врачу-практику, что будет эффективнее при прочих равных условиях: погружной остеосинтез, внешний внеочаговый остеосинтез или гипсовая повязка.

В настоящее время Ассоциация остеосинтеза (АО) выдвинула теорию так называемой относительной стабильности отломков при остеосинтезе, основываясь на работах S. M. Perren, J. Cordey [23]. Согласно этой теории подвижность между отломками кости не препятствует их сращению при условии, если она находится ниже критического уровня для конкретного участка регенерата. Авторы указывают, что в зависимости от объема регенерата линейные перемещения являются допустимыми в пределах 2–10% от его исходной длины [24]. **В ряде статей это положение иллюстрируется** схематическим изображением клеток между отломками, которые при превышении указанного допустимого предела разрываются. По логике ограничителем этих перемещений является применяемый фиксатор, с помощью которого и создаются указанные условия.

Возвращаясь к результатам остеосинтеза, мы ищем ответ на вопрос: можно ли считать эти условия благоприятными для сращения отломков при диафизарном переломе? Для этого необходимо рассмотреть известные закономерности регенерации соединительной ткани [25]. Опорная функция соединительной ткани, к которой относятся кость, хрящ, связки и сухожилия, обеспечивается организованным расположением коллагеновых волокон и **межуточно расположенными протеогликанами** и гликопротеидами. Последние, связываясь с минеральными солями, приобретают свойство жесткости. Коллагеновые волокна и межуточное вещество синтезируются клетками (фибробластами, хондробластами и остеобластами). При этом необходимо понимать, что сами клетки не способны выполнять механическую (опорную) функцию, они предназначены для синтеза механической субстанции, которая, по всей видимости, и должна их защищать от разрушения нагрузками. Логично предположить, что существует механизм, регулирующий активность клеток-механоцитов по созданию соответствующей опорной субстанции. Мы полагаем, что, вероятнее всего, фактором, который регулирует активность клетки в синтезе коллагена и **межуточного вещества, является уровень напряженно-деформированного состояния** окружающей ее среды. Как показывают последние исследования [11, 15], вскоре после перелома такой средой оказывается фибрин-кровяной сгусток межотломковой зоны. Уже на 3–4-е сутки между фибриновыми перегородками сгустка появляются фибробласты, которые своей продольной осью совпадают с направлением фибриновых волокон [17]. По сути фибрин выполняет механическую функцию (сопротивление давлению крови), и он же способен передавать силовое воздействие на клеточную мембрану. Посредством такого непосредственного механического действия внешних и **внутренних нагрузок можно объяснить** векторность образуемых опорных структур: коллагена и костных балочек. Фибрин-кровяной сгусток, обладающий упругими свойствами и находящийся

в замкнутом пространстве, которое окружено не-растяжимыми или малорастяжимыми тканями, способен испытывать деформации и внутренние напряжения, инициируемые внешними условиями. Исследование механических свойств фибрин-кровяных сгустков, полученных *in vitro*, позволило установить, что они обладают пластично-упругими свойствами [17]. При ступенчатом одностороннем сжатии образца силой до 50–60 Гр происходило его деформирование на 30–50% высоты, а затем, несмотря на увеличение нагрузки, форма сгустка не изменялась. Это говорит о том, что возникновению значимого (способного активизировать клетки) внутреннего напряжения сгустка при действии внешней силы должно предшествовать его деформирование, которое в несколько раз превышает уровень, указываемый теоретиками АО. Проще говоря, те линейные деформации в 2–10%, которые якобы присутствуют при накостном остеосинтезе, по нашему мнению, не способны вызывать необходимый уровень внутренних напряжений в регенерирующей бластеме. А это и является тем условием, которое ограничивает структурную самоорганизацию регенерата и в конечном итоге высокий процент несращения или замедленного сращения. **Те данные, которые мы получили в экспериментальных и клинических исследованиях по**

перемещению отломков [9, 18, 20], показывают, что при функциональном лечении диафизарных переломов стержневыми аппаратами они во много раз превышают «десятипроцентный барьер АО», и при этом мы имеем низкий процент несращений [19, 26, 27]. Частота несращений у специалистов АО 3,1–6,8% случаев.

Таким образом, жесткий внутренний остеосинтез диафизарных переломов и сопровождающую его теорию относительной стабильности не следует считать окончательно научно обоснованными. Существует еще ряд других важных явлений в процессе заживления перелома, которые мы еще до конца не познали.

Результаты наших исследований позволяют представить собственную теорию, обосновывающую оптимальный (целесообразный) режим фиксации отломков при диафизарном переломе. Коротко ее можно сформулировать как теорию первичного напряжения фибрина с адаптационно-позиционной активизацией клеток межотломкового регенерата, которая предполагает несколько иную стратегию и принципы лечения диафизарных переломов конечностей, в отличие от принципов АО. Данная теория требует дальнейшего развития, поиска новых научных фактов, ее подтверждающих или отрицающих.

Список литературы

1. *Giannoudis P. V.* Injury, Int / P. V. Giannoudis, T. A. Einhorn, D. Marsh // J. Care Injured.— 2007.— Vol. 38S4.— 3. 3–6.
2. The role of cells in fracture healing and nonunion / H. C. Fayaz, P. V. Giannoudis, M. S. Vrahas [et al.] // International Orthopaedics (SICOT).— 2011.— Vol. 35.— P. 1587–1597.
3. Распространенность переломов костей и результат их лечения в Украине (клинико-экспериментальное исследование) / Н. А. Корж, С. И. Герасименко, В. Ф. Климовицкий [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование.— 2010.— № 3.— С. 5–14.
4. *Попсуйшапка А. К.* Частота несращения отломков при изолированных диафизарных переломах длинных костей конечностей / А. К. Попсуйшапка, О. Е. Ужигова, В. А. Литвишко // Ортопедия, травматология и протезирование.— 2013.— № 1.— С. 39–43.
5. *Маркс В. О.* Заживление закрытого перелома кости / В. О. Маркс.— Минск: Изд-во АН БССР, 1962.— 275 с.
6. *Маркс В. О.* Заживление закрытого перелома трубчатой кости у человека и экспериментальных животных: дис. на соискание учен. степени д-ра мед. наук / В. О. Маркс.— Харьков, 1949.— 692 с.
7. *Корж А. А.* Репаративная регенерация кости / А. А. Корж, А. М. Белоус, У. Я. Панков.— М.: Медицина, 1972.— 229 с.
8. *Sarmiento A.* Closed Functional Treatment of Fractures / A. Sarmiento, L. L. Latta.— Berlin; Heidelberg; N. Y.: Springer Verlag, 1981.— P. 687.
9. *Попсуйшапка А. К.* Свойства биомеханической конструкции «фрагменты бедренной кости — аппарат внешней фиксации» и особенности периостальной регенерации при ее использовании у детей / А. К. Попсуйшапка, И. Н. Боровик // Ортопедия, травматология и протезирование.— 2007.— № 1.— С. 44–50.
10. *Попсуйшапка А. К.* Функциональное лечение диафизарных переломов костей конечностей (клиническое и экспериментальное обоснование): дис. на соискание учен. степени д-ра мед. наук; спец. 14.01.21 «Травматология и ортопедия» / А. К. Попсуйшапка.— Харьков, 1991.— 271 с.
11. *Попсуйшапка О. К.* Клініко-морфологічні стадії процесу зрощення відламків після діафізарного перелому кістки / О. К. Попсуйшапка, В. О. Литвишко, Н. О. Ашукіна // Зб. наук. праць 16-го з'їзду ортопедів і травматологів України; 3–5 жовтня 2013р., м. Харків.— Х., 2013.— С. 45–46.
12. *Швецов В. И.* Ультроструктурные особенности ангиогенеза при заживлении переломов / В. И. Швецов, Ю. М. Ирьянов // Гений ортопедии.— 1999.— № 4.— С. 13–18.
13. *Хелимский О. К.* Об остеопластических свойствах фибрина излившейся крови / О. К. Хелимский // Труды Ленинградского ин-та травматологии и ортопедии.— 1956.— № 5.— С. 64.
14. Сочетанное использование остеопластики и обогащенной тромбоцитами плазмы в травматологии и ортопедии (обзор литературы) / И. А. Кирилова, Н. Г. Фомичев, Т. В. Подорожная [и др.] // Травматология и ортопедия России.— 2008.— № 3 (49).— С. 63–67.

15. Роль фибринового сгустка и механических напряжений в нем в процессе образования первичного костного регенерата при переломе кости / А. К. Попсуйшапка, В. А. Литвишко, Н. А. Ашукина [и др.] // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2010.— № 3.— С. 22–27.
16. *Попсуйшапка О. К.* Лікування діафізарних переломів кінцівок, що не зрослися, шляхом стимуляції фібриногенезу і створення напружень тканин регенерату / О. К. Попсуйшапка, В. О. Литвишко // **Травма.**— 2010.— № 4, Т. 11.— С. 441–445.
17. Особенности формирования, структурно-механические свойства фибрин-кровяного сгустка и его значение для регенерации кости при переломе / А. К. Попсуйшапка, В. А. Литвишко, Н. А. Ашукина [и др.] // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2013.— № 4.— С. 5–12.
18. *Боровик И. Н.* Внутренние напряжения и перемещения в биомеханической конструкции «отломки бедренной кости — аппарат внешней фиксации» при нагрузках и их влияние на форму регенерата кости / И. Н. Боровик, А. К. Попсуйшапка // **Літопис травматології та ортопедії.**— 2009.— № 1–2.— С. 29–32.
19. *Дубас В. І.* Пружно-стійкий остеосинтез при лікуванні діафізарних переломів кісток гомілки / В. І. Дубас // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 1999.— № 4.— С. 35–38.
20. *Попсуйшапка О. К.* Рухомість відламків при функціональному лікуванні переломів кісток гомілки зовнішнім апаратом / О. К. Попсуйшапка, В. І. Дубас // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2001.— № 1.— С. 36–39.
21. Внутренние напряжения при нагрузках биомеханических конструкций «отломки бедренной кости — аппарат внешней фиксации», «отломки бедренной кости — наkostный фиксатор» и клинические аспекты их проявления / А. К. Попсуйшапка, И. Н. Боровик, А. И. Белостоцкий [и др.] // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2008.— № 2.— С. 56–62.
22. *Попсуйшапка А. К.* Остеосинтез: определение понятий, терминология, классификация и направление исследований / А. К. Попсуйшапка, В. А. Литвишко, И. Н. Боровик // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2008.— № 3.— С. 98–101.
23. *Perren S. M.* The concept of interfragmentary strain / S. M. Perren, J. Cordey // **Current concept of internal fixation of fractures**; ed. by H. K. Utholf.— Berlin; Heidelberg; N. Y.: Springer Verlag, 1980.— P. 63–77.
24. *Романенко К. К.* Абсолютная и относительная стабильность при остеосинтезе длинных костей / К. К. Романенко, Д. В. Прозоровский, А. И. Белостоцкий // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2009.— № 1.— С. 97–100.
25. *Серов В. В.* Соединительная ткань / В. В. Серов, А. Б. Шехтер.— М.: Медицина, 1981.— 312 с.
26. *Литвишко В. А.* Лечение диафізарных переломов конечностей в условиях травматологического отделения притрассовой ЦРБ / В. А. Литвишко, О. Е. Ужегова // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2012.— № 2.— С. 68–73.
27. Десятирічний досвід використання на Прикарпатті пружно-стійкого остеосинтезу при лікуванні хворих з переломами довгих кісток / В. І. Дубас, В. С. Сулима, І. В. Шібель [та ін.] // **Ортопедия, травматология и протезирование.**— 2007.— № 3.— С. 127–130.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ЛІКУВАННЯ ДІАФІЗАРНИХ ПЕРЕЛОМІВ

О. К. ПОПСУЙШАПКА, В. О. ЛІТВИШКО

На підставі власних досліджень та інших наукових даних представлено закономірності процесу загоєння перелому, роль факторів регенерації та таких умов лікування, як жорсткість з'єднання відламків. Дано критичну оцінку концепції Асоціації остеосинтезу щодо відносно стабільної фіксації відламків при діафізарному переломі, подано свою точку зору.

Ключові слова: діафізарні переломи, регенерація, незрощення, напруження регенеруючих тканин, переміщення відламків.

PROBLEMS OF THEORY OF DIAPHYSIS FRACTURES TREATMENT

A. K. POPSUYSHAPKA, V. A. LITVISHKO

Based on the original research and scientific data, the regularities of fracture healing, the role of regeneration factors and rigid fragment fixation for fracture healing are presented. Osteosynthesis Association concept of relative stability of fragment fixation was analyzed critically. The original view point is presented.

Key words: diaphysis fractures, regeneration, nonunion, tension of regenerative tissues, fragments displacement.

Поступила 05.06.2014