



ВОПРОСЫ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В ВЕРТЕБРОЛОГИИ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАБОТ УЧЕНИКОВ ПРОФЕССОРА Я.Л. ЦИВЬЯНА

И.А. Кирилова, Н.Г. Фомичев

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

Обзор посвящен различным аспектам репаративной регенерации тел позвонков в исследованиях профессора Якова Леонтьевича Цивьяна и его учеников. Часть работ — это эксперименты на животных по частичному или полному замещению тел позвонков ауто-, алло- и ксенотрансплантатами, консервированными различными способами. Часть работ основана на анализе клинических случаев при различной вертебральной патологии, а также содержит оценку сроков формирования костных блоков при использовании ауто-, аллотрансплантатов. Описаны решающие факторы в успешном исходе костно-пластической фиксации задних отделов позвоночника. Ими являются тщательная подготовка материнского ложа, надежная фиксация трансплантата и совершенство внешней иммобилизации в послеоперационном периоде. Аутографт наиболее удачно сочетает в себе пластические и механические свойства. Компактно-спонгиозный аллотрансплантат при пластике частичных и полных дефектов тел позвонков в эксперименте перестраивается подобно аутографту, однако процессы резорбции и замещения при этом происходят менее гармонично и более длительно во времени. При применении консервированных ксенотрансплантатов превалируют процессы резорбции. Процессы замещения ксенотрансплантатов новообразованной костью выражены незначительно, в основном происходит замещение соединительной тканью. Обзор позволяет в хронологическом порядке проследить динамику репаративной регенерации в вертебологии. **Ключевые слова:** костная пластика, тело позвонка, аутографт, аллотрансплантат, ксенотрансплантат, эксперимент, репаративная регенерация.

Для цитирования: Кирилова И.А., Фомичев Н.Г. Вопросы репаративной регенерации в вертебологии: исторический обзор работ учеников профессора Я.Л. Цивьяна // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 4. С. 102–112.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.4.102-112>.

ISSUES OF REPARATIVE REGENERATION IN VERTEBROLOGY: A HISTORICAL REVIEW OF THE STUDIES OF APPRENTICES OF PROFESSOR YA.L. TSIVYAN

I.A. Kirilova, N.G. Fomichev

Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia

The review is devoted to various aspects of the reparative regeneration of the vertebral bodies studied in researches of professor Yakov Leontievich Tsivyan and his apprentices. Part of them is animal experiments for partial or complete replacement of vertebral bodies with auto-, allo-, and xenografts preserved in various ways. Other studies are based on the analysis of clinical cases with various vertebral pathologies, but also contain an assessment of the timing of the bone block formation when using auto- and allografts. The decisive factors for the successful outcome of posterior osteoplastic fixation of the spine are described. These are careful preparation of the maternal bed, reliable fixation of the graft, and perfect external immobilization in the postoperative period. The autograft most successfully combines plastic and mechanical properties. In the experimental plasty of partial defects of the vertebral bodies, a compact cancellous allograft is rearranged in the same way as an autograft, but the processes of resorption and replacement are less harmonious and take a longer time. When using preserved xenografts, resorption processes prevail, while the processes of replacing xenografts with newly formed bone are poorly expressed, they are mainly replaced by connective tissue. The review allows chronological tracing of fundamentals of reparative regeneration in vertebral surgery.

Key Words: bone grafting, vertebral body, autograft, allograft, xenograft, experiment, reparative regeneration.

Please cite this paper as: Kirilova IA, Fomichev NG. Issues of reparative regeneration in vertebral surgery: a historical review of the studies of apprentices of Professor Ya.L. Tsivyan. *Hir. Pozvonoc.* 2020; 17(4):102–112. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.4.102-112>.

Вопросы репаративной регенерации и полного или частичного замещения тел позвонков в научно-практическом плане всегда волновали проф. Я.Л. Цивьяна. Он уделял этому аспекту пристальное внимание и, поскольку обзор посвящен вопросам репаративной регенерации в вертебрологии, начнем с момента увлечения Я.Л. Цивьяна именно хирургией позвоночника.

«Хирургией позвоночника Цивьян вплотную занялся в 1958 г. На передние отделы вышел в 1961 г.: тотальная дискэктомия и расклинивающий корпородез при поясничном остеохондрозе. За ней последовали различные варианты вентрального спондилодеза при повреждениях позвоночного столба, сегментарная и корригирующая вертебротомии при деформациях различной этиологии. В то время почти полностью отсутствовали металлоимплантаты, редкое исключение – фиксатор-стяжка Цивьяна – Рамиха. В этих условиях Цивьян всячески развивал костно-пластические операции на передних и задних отделах позвоночного столба» [1].

Следует принять во внимание, что в тот период времени, в 1959 г., в институте была создана лаборатория заготовки и консервации тканей, которую в 1961 г. возглавил В.И. Савельев. Поэтому изучение репаративной регенерации аллокости после различных видов консервации и стерилизации затрагивало и технологические процессы лаборатории [2].

Знакомясь с авторефератами диссертационных работ учеников Я.Л. Цивьяна, понимаешь, что это был не сиюминутный интерес. Данная проблематика захватила не одно десятилетие. Да и сейчас проблема костной пластики при крупных костных дефектах, проблема органотипической перестройки различных видов костно-пластических материалов остаются одними из основных научных направлений института [3].

Одним из первых исследований в данном направлении была диссертационная работа Веры Ивановны Летиной «Костно-пластическая фиксация

задних отделов позвоночника в эксперименте и клинике», выполненная в 1965 г. [4]. Идея фиксации задних отделов позвоночника при лечении целого ряда заболеваний, деформаций и повреждений давно привлекала внимание хирургов. Основоположником костно-пластической фиксации позвоночника считают Hibbs (1911), который впервые осуществил задний спондилодез при туберкулезном спондилите. Независимо от него Albee (1911) тоже произвел заднюю фиксацию позвоночника.

Работа В.И. Летиной была достаточно масштабной и состояла из двух частей: экспериментальной и клинической. Причем эксперимент выполнялся на 100 собаках в 5 сериях, а клинический раздел содержал анализ наблюдений за 88 пациентами (123 операции) со сколиозами и кифосколиозами.

Экспериментальная модель заключалась в обнажении и скелетировании правой половины остистых отростков от Th₄ до L₁ позвонков, снятии с них компактного слоя до хорошо кровотокающей губчатой кости и укладке в подготовленное ложе костного трансплантата. В качестве костного трансплантата использовали гетеро- (ксено-), гомо- (алло-) и аутооттрансплантаты:

- гетеро- (ксено-)трансплантаты от 7–9-месячных эмбрионов крупного рогатого скота, консервированные замораживанием при -55 и -70 °С (серии 1–2);

- гетеро- (ксено-)трансплантаты от 7–9-месячных эмбрионов крупного рогатого скота лиофилизированные (серия 3);

- гомо- (алло-)трансплантаты, замороженные при -25 °С в виде полуцилиндра трубчатой кости 6-месячных собак (серия 4);

- аутооттрансплантаты из большой берцовой кости оперированной собаки (серия 5).

Сроки наблюдения от 7 до 547 сут.

Основные результаты и выводы, к которым пришли в ходе данной работы, остаются актуальными и в настоящее время. Понятно,

что с тех пор поменялась терминология, но это не меняет смысла. Чтобы избежать путаницы, далее выводы будут приведены уже в соответствии с ныне действующей классификацией, в то время как в оригинальных авторефератах фигурирует терминология, актуальная до 1971 г.

Аллотрансплантат (гомо- в классификации до 1971 г.) – донорские органы и/или ткани, пересаженные реципиенту от особи одного с ним вида, то есть от человека человеку.

Ксенотрансплантат (гетеро- в классификации до 1971 г.) – донорские органы и/или ткани, пересаженные реципиенту от особи иного вида (например, от свиньи человеку).

При костно-пластической фиксации задних отделов позвоночника у собак в эксперименте с использованием ауто-, консервированных алло- и ксенотрансплантатов отмечено следующее:

- при применении аутооттрансплантатов процессы их резорбции и замещения новообразованной костью протекают более совершенно и гармонично, в результате этого образуется выраженный костный блок задних отделов позвоночника на протяжении костно-пластической фиксации;

- при применении консервированных аллотрансплантатов последние, подобно аутокости, подвергаются резорбции и замещению новообразованной костью; однако указанные процессы несколько отстают друг от друга во времени, перестройка аллотрансплантата протекает более длительно по сравнению с аутооттрансплантатом;

- при применении консервированных ксенотрансплантатов превалируют процессы резорбции; процессы замещения ксенотрансплантатов новообразованной костью выражены незначительно, в конечном итоге они в основном замещаются соединительной тканью.

Ауто- и консервированные низкими температурами аллотрансплантаты с успехом могут быть использованы в клинике для костно-пластической фиксации задних отделов позвоночника при сколиозах и кифосколиозах.

зах. В клинических условиях лучшие результаты достигаются при применении алло- и аутотрансплантатов.

Целесообразность и эффективность применения консервированных низкими температурами аллотрансплантатов для нужд костной пластики на задних отделах позвоночника доказана. Консервированные ксенотрансплантаты могут быть использованы в качестве дополнительного костного материала при аутопластике. В этих случаях предпочтение следует отдать трансплантатам, заготовленным от молодых животных.

Помимо характера костных трансплантатов, решающими факторами в успешном исходе костно-пластической фиксации задних отделов позвоночника являются тщательная подготовка материнского ложа, надежная фиксация трансплантата и совершенство внешней иммобилизации в послеоперационном периоде.

Таким образом, мы видим, что основные выводы, полученные в работе В.И. Летиной, сохранили актуальность и находят подтверждение в современных научных публикациях.

В настоящее время в связи с различными этическими и юридическими сложностями законодательства Российской Федерации все чаще звучат призывы обратиться к ксенотрансплантации, однако при применении консервированных ксенотрансплантатов превалируют процессы резорбции, а процессы замещения ксенотрансплантатов новообразованной костью выражены незначительно, и в конечном итоге они в основном замещаются соединительной тканью. Консервированные ксенотрансплантаты могут быть использованы в качестве дополнительного костного материала при аутопластике.

А как лаконично сформулирован вывод о факторах успешного исхода костно-пластической фиксации! Разве кто-то будет оспаривать важность тщательной подготовки материнского ложа и надежность фиксации трансплантата в послеоперационном периоде? От тщательной подготовки зависят васкуляризация и репаративная регенерация, а надежная фиксация

позволяет сформироваться надежному костному блоку, без опасения формирования псевдоартрозов.

Не менее содержательной была работа Игоря Петровича Ардашева «Полное замещение тела позвонка в эксперименте» [5].

В отечественной литературе первое сообщение об оперативном вмешательстве на телах позвонков принадлежит В.Д. Чаклину [6]. Первые отечественные работы, в которых освещались вопросы полного замещения тел позвонков, принадлежат Я.Л. Цивьяну [7], который обосновал необходимость, возможность и показания для этого оперативного вмешательства.

Направление же работы И.П. Ардашева – изучение в эксперименте возможности удаления тела позвонка с одномоментным полным замещением дефекта костными ауто- и аллотрансплантатами и имплантатами, с последующим проведением клинических наблюдений за оперированными животными, изучением рентгенологических, макро- и микроскопических изменений, происходящих в трансплантатах и телах смежных позвонков.

Эксперимент был выполнен на 100 беспородных собаках со сроками наблюдения от шести дней до двух лет.

Под эндотрахеальным наркозом из переднеаружного внебрюшинного оперативного доступа обнажали тела поясничных позвонков. Производили полное удаление тела поясничного позвонка с прилежащими к нему межпозвонковыми дисками и замыкательными пластинками тел смежных позвонков. Образовавшийся дефект полностью замещали пластическими материалами в зависимости от серии эксперимента:

– компактно-спонгиозным ауто-трансплантатом из верхнего метаэпифиза большеберцовой кости;

– компактно-спонгиозным аллотрансплантатом из верхнего метаэпифиза большой берцовой кости, стерилизованным антисептическим комплексом и 1 % раствором окиси этилена с последующим консервированием при -25 °С;

– имплантатом из акриловой пластмассы;

– имплантатом из пластмассы поливинилформаль.

Выводы, полученные при выполнении данной работы, интересны и сегодня, поскольку постоянно появляются новые заменители костной ткани, свойства которых сравнивают со свойствами аутокости как с золотым стандартом:

1) использование костного ауто-трансплантата из верхнего метаэпифиза большеберцовой кости для пластического замещения тела позвонка приводит к наиболее быстрому и полноценному восполнению удаленного тела позвонка;

2) при замещении дефекта костным аллотрансплантатом в конечном итоге происходит восполнение дефекта костной тканью, однако эволюция и перестройка аллотрансплантата протекают более длительно;

3) протез тела позвонка из акриловой пластмассы, помещенный в дефект удаленного тела позвонка, удерживается формирующейся вокруг него мощной фиброзной капсулой; он придает стабильность позвоночнику и предотвращает его деформацию, однако в местах его контакта с костной тканью тел позвонков развиваются некробиотические и дегенеративные процессы; следует предположить, что в условиях вертикальной нагрузки эти процессы будут прогрессировать;

4) протез из пластмассы медицинской поливинилформаль даже в условиях эксперимента не обеспечивает стабильности позвоночника и не предотвращает осевой деформации позвоночника.

Безусловно, мы отдаем себе отчет, что в тот период в арсенале вертебрологов не было того обилия металлоконструкций для внутренней фиксации, но тем ценнее этот «чистый» эксперимент.

Если двигаться далее в хронологическом порядке, то следующий ученик Цивьяна Владимир Павлович Мотов выполнил работу «Тотальная дискэктомия и расклинивающий корпорорез

в лечении поясничного межпозвоночного остеохондроза» [8].

И вновь нас интересует вывод, который касается репаративной регенерации. «Наш опыт применения ауто- и аллотрансплантатов для расклинивающего корпородеза не позволяет с полной убежденностью высказаться о преимуществе ауто- и аллотрансплантатов, так как частота костных сращений при использовании ауто- и аллотрансплантатов была почти одинакова».

Галина Яковлевна Торгашева выполнила работу «Частичное замещение тела позвонка в эксперименте» [9], состоящую из 6 серий экспериментов.

Интересны выводы:

1) основные принципы вживления пересаженной в частичный дефект тела позвонка кости в эксперименте аналогичны таковым при пластическом замещении дефектов трубчатых костей и заключаются в резорбции трансплантата с последующим замещением его новообразованной костью;

2) компактно-спонгиозный аллотрансплантат при пластике частичных дефектов тел позвонков в эксперименте перестраивается подобно ауто- и аллотрансплантату, однако процессы резорбции и замещения при этом происходят менее гармонично и более длительно во времени;

3) применительно к нуждам клиники для замещения частичных дефектов тел позвонков наиболее целесообразным является следующее:

– использование компактно-спонгиозного ауто- и аллотрансплантата, который наиболее удачно сочетает в себе пластические и механические свойства;

– если по каким-либо причинам невозможно или нежелательно использовать ауто- и аллотрансплантат в клинических условиях, может быть применен аллотрансплантат;

– при использовании аллотрансплантата для замещения частичных дефектов тел позвонков следует в 1,5–2 раза увеличить сроки внешней иммобилизации и разгрузки позвоночника.

Таким образом, были получены ответы на основные вопросы при выборе тактики лечения и использовании ауто-, алло- и ксенотрансплантатов.

Поскольку главным направлением являлась коррекция деформаций позвоночника у детей и подростков, то абсолютно закономерной стала тематика работы Геннадия Матвеевича Жданова «Влияние артродезирующих операций на рост и форму растущего позвонка» [10].

Экспериментальная часть исследования содержала 3 серии и выполнена на щенках в возрасте 6,6–15,0 недель:

1-я серия – различные операции на телах позвонков (n = 45): у 25 – передний эпифизеоспондилодез трех-пяти поясничных позвонков компактным аллотрансплантатом, у 13 – левосторонний переднебоковой эпифизеоспондилодез четырех-пяти поясничных позвонков компактным аллотрансплантатом, у 7 – частичная эпифизэктомия передних и переднебоковых отделов четырех-пяти поясничных позвонков; 2-я серия – костно-пластическая фиксация задних отделов позвоночника кортикальными аллотрансплантатами по методу Генле – Уитмена (n = 8); 3-я серия – неоперированные щенки (n = 8).

Сроки наблюдения – до 1,5 лет.

Суть хирургических манипуляций сводилась к формированию пазы в передних или переднебоковых отделах четырех-пяти поясничных позвонков с последующим помещением в паз кортикального аллотрансплантата. Трансплантат фиксировали капроновыми швами за фиброзные кольца дисков. Ростковые эпифизарные пластинки позвонков иссекали только на ширину пазы. Дополнительного разрушения их в боковых и дорсальных отделах позвонков не производили. Пульпозные ядра межпозвоночных дисков, выпадающие после рассечения фиброзных колец, удаляли. При частичной эпифизэктомии пазы в телах позвонков аллотрансплантатом не выполняли. Задний спондилодез осуществляли по методу Генле – Уитмена. Трансплантат фиксировали к остистым отросткам капроновыми нитями. Спондилографию выполняли в прямой и боковой проекциях через 2, 4, 6 недель, а затем через 2, 3, 6, 8, 10, 12 и 18 мес.

Очень интересны морфологические описания. Микроскопические изменения в эпифизарных ростко-

вых пластинках, артродезированных при переднем и переднебоковом эпифизеоспондилодезе, были одинаковыми. В течение 1 мес. меньше становились изогенные группы в ростковой зоне, нарушалась правильность колонковых структур в зоне трансформации, отчетливо изменялись тинкториальные свойства основного вещества. Культы ростковых пластинок в ventральных отделах окружались новообразованной костью. Со временем нарушение структуры ростковых пластинок прогрессировало, в ventральных отделах они перекрывались мощными пластами новообразованной пластинчатой кости. Разделение ростковых пластинок на зоны становилось невозможным, имелись лишь отдельные участки, напоминающие структуру колонкового хряща. Ростковые же пластинки в позвонках неоперированного отдела сохранялись по всему поперечнику позвонков. Энхондральное окостенение в направлении диафиза шло активно.

Микроскопические исследования межпозвоночных дисков из зоны переднего и переднебокового эпифизеоспондилодеза показали, что в дисках развиваются резко выраженные дистрофические изменения. Волокнистый и гиалиновый хрящ пролиферируют, диски разволокняются, появляются трещины, неравномерно красится основное вещество. В отдаленные сроки при образовании костного блока волокнистый хрящ дисков в ventральных отделах замещается костью.

Микроскопические исследования кортикальных аллотрансплантатов, помещенных в паз губчатой кости тел растущих позвонков, показали, что процесс идет путем постепенной резорбции и постепенного замещения их новообразованной губчатой костью. При этом замещение костью шло более совершенно и быстрее в месте плотного контакта трансплантата с телами позвонков, чем на уровне межпозвоночных дисков. К 12 мес. кортикальные трансплантаты перестраивались и имели строение губчатой кости. Вновь обра-

зованная кость всегда была плотнее, чем губчатая кость тел позвонков.

Выводы работы следующие:

1) в экспериментах на растущих собаках путем клинико-рентгенологических наблюдений и морфологических исследований установлено, что артродезирующие операции на позвоночнике, выполненные в период его активного роста, существенно образом влияют на последующий рост и формообразование позвоночника;

2) передний эпифизиоспондилодез кортикальным аллотрансплантатом, выполненный на четырех-пяти поясничных позвонках растущего позвоночника, замедляет продольный рост тел позвонков, преимущественно в передних отделах, и ведет к формированию кифотической деформации;

3) переднебоковой эпифизиоспондилодез кортикальным аллотрансплантатом, выполненный на четырех-пяти поясничных позвонках растущего позвоночника, замедляет продольный рост тел позвонков, главным образом в переднебоковых отделах, и ведет к формированию кифосколиоза;

4) частичная эпифизеоэктомия поясничных позвонков вызывает замедление продольного роста позвонков и формирование кифотической деформации, но в значительно меньшей степени, чем это наблюдается при эпифизеоэпидиодезах;

5) задний спондилодез четырех-пяти поясничных позвонков аллотрансплантатами по методу Генле – Уитмена, произведенный в период роста позвоночника, обуславливает появление лордоза в фиксированной области; продольный рост тел позвонков в задних отделах не изменяется, а спереди ускоряется;

6) применение различных видов артродезирующих операций на растущем позвоночнике в клинической практике, вероятно, позволит целенаправленно изменять рост и форму растущего позвоночника.

Важность проблемы костно-пластических оперативных вмешательств на телах поясничных позвонков обусловлена значительным количеством

больных с повреждениями позвоночника и их последствиями, врожденными и приобретенными деформациями, аномалиями развития, дегенеративными и воспалительными заболеваниями, опухолями и т.д.

Несмотря на значительные успехи в хирургии позвоночника, опыт радикального хирургического лечения различных патологических состояний позвоночника весьма невелик и недостаточно освещен в литературе. Мало изучены вопросы целесообразности использования ауто- и аллокости при пластических операциях на телах позвонков, динамики перестройки трансплантатов по рентгенологическим данным, ближайших и отдаленных исходов и степени восстановления трудоспособности больных.

Михаил Александрович Никольский в 1971 г. выполнил исследование по теме «Исходы костной пластики на телах поясничных позвонков» [11].

В работе проведен анализ лечения 254 пациентов, которым выполнено 259 костно-пластических операций. Кроме того, поскольку в работе отрабатывались хирургические доступы для различных операций на позвоночнике, на 42 трупах взрослых людей выполнено 78 оперативных подходов к телам позвонков на различных уровнях.

Выводы, полученные в работе:

1) показанием для костно-пластических операций на передних отделах позвоночника могут являться туберкулезный спондилит, спондилолистез, переломы тел позвонков и их последствия, сколиотическая болезнь, остеомиелит, различные врожденные и приобретенные деформации, дегенеративно-дистрофические заболевания и повреждения межпозвонковых дисков, опухоли и другие патологические процессы, локализующиеся в телах позвонков;

2) для пластического замещения дефекта тел и стабилизации переднего отдела позвоночника наиболее целесообразным является компактно-спонгиозный аутоотрансплантат из гребня крыла подвздошной кости, который хорошо сочетает в себе пластические

и механические свойства; аллотрансплантат следует применять тогда, когда взятие аутоотрансплантата невозможно или нежелательно;

3) рентгенологические исследования позволили разделить перестройку костных трансплантатов на 3 периода: 1-й – потеря четкости контуров пересаженной кости, неровные размытые края, несколько порозная структура в дорсальной части и в области концов, появление нежной тени новообразованной кости вокруг трансплантата; 2-й – еще более нечеткие и неровные контуры трансплантата, неоднородная пятнистая структура, резкое истончение кортикального слоя пересаженной кости и спаяние ее с тенью новообразованной кости большей плотности с телами позвонков; 3-й – образование единого костного конгломерата, структура пересаженной кости становится однородной и приближается к структуре тел позвонков в большинстве случаев при аутопластике или несколько более уплотненной при аллопластике;

4) при применении аутоотрансплантатов из гребня крыла подвздошной кости или из проксимального метафиза большеберцовой кости процессы перестройки протекают более совершенно и соответственно заканчиваются через $9,0 \pm 0,3$ – $12,0 \pm 0,8$ или $9,6 \pm 0,6$ – $15,3 \pm 0,6$ мес. Как правило, при аутопластике образуется хороший костный блок на всем протяжении между телами блокируемых позвонков. При применении аллокости процессы перестройки наступают несколько позднее, протекают более длительно, менее совершенно и заканчиваются к $11,4 \pm 0,3$ – $16,5 \pm 0,4$ мес.; сроки перестройки трансплантатов и образования костного блока пропорциональны виду, характеру и его величине;

5) решающими факторами в успешном исходе костной пластики на телах позвонков, кроме вида и характера пересаженной кости, являются тщательность подготовки материнского ложа, правильность расположения костного трансплантата, плотный контакт между ним и телами позвон-

ков, хорошее кровоснабжение пересаженной кости, надежность фиксации трансплантата и совершенство внешней иммобилизации в послеоперационном периоде;

б) иммобилизация гипсовым корсетом у больных после костно-пластических операций на телах позвонков должна осуществляться при использовании аутотрансплантатов из гребня крыла подвздошной кости от $9,0 \pm 0,3$ до $12,0 \pm 0,8$ мес., аутотрансплантатов из большеберцовой кости – от $9,6 \pm 0,6$ до $15,3 \pm 0,6$ мес. и аллотрансплантатов из большеберцовой кости – от $11,4 \pm 0,3$ до $16,5 \pm 0,4$ мес.; сроки иммобилизации должны увеличиваться с увеличением размера ауто- и аллотрансплантатов;

7) у большинства пациентов после радикальных костно-пластических операций на телах позвонков, выполненных по обоснованным показаниям, наступает полное клиническое выздоровление (87,0 %) и стойкое восстановление трудоспособности (93,5 %);

8) в условиях квалифицированного ортопедотравматологического учреждения с наличием соответствующих специалистов и оборудования костно-пластические операции на передних отделах поясничных позвонков являются весьма целесообразными и могут быть методом выбора при лечении самых различных заболеваний груднопоясничного, поясничного и пояснично-крестцового отделов позвоночника.

Общепринятым является мнение о том, что лечение должно быть ранним, комплексным и направленным на различные стороны проявления сколиотической болезни, чтобы как можно раньше приостановить прогрессирование деформации позвоночника и тем самым предупредить ее тяжелые последствия. Первые попытки лечения сколиоза относятся ко времени Гиппократа, но это были чисто механические методы лечения. Первая попытка оперативного лечения сколиоза сделана Guerin в 1830 г.

Анализ отдаленных результатов лечения больных, страдающих сколиотической болезнью, позволил сделать

вывод, что консервативные методы лечения, изолированные оперативные вмешательства на мышцах и грудной клетке малоэффективны и не оказывают влияния на деформацию, которая продолжает прогрессировать.

В течение полувека после публикации Hibbs (1911) о первой операции костно-пластической фиксации задних отделов позвоночника разные авторы предложили более 30 модификаций методов заднего спондилодеза. Уже одно это наводит на мысль о недостаточном совершенстве данного метода лечения сколиотической болезни.

Об этом и работа Владимира Семеновича Пронских «Роль заднего спондилодеза в комплексе лечения сколиотической болезни» [12].

Материалом исследования явились истории болезни 195 детей с деформациями позвоночника. Методом заднего спондилодеза прооперировано 52 из них.

Выводы исследования:

1) задний спондилодез не предотвращает последующего прогрессирования сколиотической деформации позвоночника у больных с прогрессирующими формами болезни; степень и частота прогрессирования деформации зависят от возраста больных ко времени операции и от сроков наблюдения после операции;

2) задний спондилодез в различных модификациях не может являться методом лечения прогрессирующих форм сколиотической болезни у пациентов с продолжающимся активным ростом позвоночника;

3) задний спондилодез может и должен применяться в комплексном лечении сколиотической болезни по строгим, продуманным и обоснованным показаниям, а именно для устранения болевого синдрома при компенсированных формах сколиотической болезни у лиц с законченным или заканчивающимся ростом позвоночника, для устранения функциональной недостаточности позвоночника, протекающей с болевым синдромом или без такового, у лиц с законченным или заканчивающимся ростом позвоночника, для устранения гипермобильности

позвоночника при некоторых формах сколиотической болезни, как заключительный этап различного вида реконструктивных операций на позвоночнике, применяемых для лечения сколиотической болезни.

Логичным продолжением исследования Г.Я. Торгашевой стала работа Роберта Ивановича Кариха «Частичное замещение тела позвонка» [13].

Исследование включало в себя клинические и рентгенологические наблюдения за 126 больными, которым производили частичное замещение тел позвонков по поводу различных патологических состояний.

Частичное замещение тел позвонков выполнено у больных с переломами тел позвонков – 74 (58,7 %), туберкулезным спондилитом – 27 (21,4 %), межпозвонковым остеохондрозом – 18 (14,3 %), последствиями ламинэктомии – 5 (4,0 %), прочими заболеваниями – 2 (1,6 %).

Частичное замещение тел позвонков проведено в следующих отделах позвоночника: шейном – 5 (4,0 %), шейно-грудном – 2 (1,6 %), грудном – 2 (1,6 %), груднопоясничном – 40 (31,7 %), поясничном – 54 (42,8 %), пояснично-крестцовом – 23 (18,3 %).

Для замещения образованного дефекта и стабилизации позвоночника использовали аутотрансплантаты из гребня крыла подвздошной кости в 64 (50,8 %) случаях, большеберцовой кости – в 26 (20,6 %), резецированного ребра – в 7 (5,5 %), аллотрансплантаты – в 29 (23,1 %).

Протяженность: 3 позвонка – 81 (64,1 %) случай, 2 позвонка – 27 (21,4 %), 4 позвонка – 14 (11,1 %), 5 позвонков – 4 (3,2 %).

Длительность иммобилизации в условиях клиники менее 4 мес. – у 58 (46 %) пациентов, 4 мес. – у 29 (23 %), свыше 4 мес. – у 39 (31 %).

Сроки наблюдения – от 1,5 до 10 лет. Кроме того, был выполнен эксперимент на 42 собаках. Васкуляризацию трансплантата изучали с помощью просветления тканей по методике Э.М. Гендлера.

Основные результаты:

1) рентгенологическое исследование показало, что формирование костного блока при частичном замещении тел позвонков происходит наиболее совершенно при использовании аутотрансплантата из гребня крыла подвздошной кости, вживление которого наблюдается через $10,4 \pm 1,0$ – $12,1 \pm 1,4$ мес.;

2) сроки внешней иммобилизации после операции частичного замещения тел позвонков должны соответствовать срокам образования костного блока;

3) метод томографического исследования можно рассматривать как дополнительный и уточняющий метод рентгенологического контроля в процессе формирования костного блока при оперативных вмешательствах на телах позвонков;

4) данные, полученные при изучении васкуляризации ауто- и аллотрансплантатов, позволили выявить следующие закономерности:

– васкуляризация трансплантата осуществляется только за счет сосудов материнского ложа;

– васкуляризация аутотрансплантата начинается через 2 недели и завершается через 9 мес. после операции;

– начало прорастания сосудов в аллотрансплантат происходит через 1 мес. и заканчивается через 12 мес. после операции;

– процесс васкуляризации аутотрансплантата происходит более интенсивно и совершенно, чем аллотрансплантата.

Хороший результат получен у 111 (88,1 %) пациентов: трудоспособны, с полным клиническим выздоровлением; удовлетворительный – у 4 (7,9 %): частичный регресс неврологических осложнений, значительное улучшение по сравнению с дооперационным периодом, способны выполнять легкий физический труд; неудовлетворительный – у 4 (3,2 %): болевой синдром, неврологический регресс незначительный, остались нетрудоспособными.

Наиболее высокий процент хороших результатов у пациентов, оперированных по поводу туберкулезного спондилита (92,6 %) и переломов тел

позвонков (88,2 %), менее высокий – с остеохондрозом (72,2 %).

В этот же период выполнена работа Геннадия Михайловича Коржавина «Рост и формирование позвоночника после оперативного повреждения передней продольной связки и межпозвонковых дисков в эксперименте» [14].

Модель эксперимента: 75 щенков в возрасте от 6 до 20 недель. В первой серии (26 щенков) выполняли вмешательство на передней продольной связке (13 – отслойка передней продольной связки); 17 животных – группа контроля.

Основные результаты:

1) в эксперименте на растущих животных (щенках) возможно получение переднего костного блока тел поясничных позвонков в результате переднего подвязочного эпифизеоспондилодеза кортикальными аллотрансплантатами;

2) передний подвязочный эпифизеоспондилодез четырех поясничных позвонков в эксперименте на щенках, являясь малотравматичным вмешательством, приводит к замедлению продольного роста тел фиксированных позвонков, особенно их вентрального отдела, и всего оперированного отдела позвоночника, позволяет целенаправленно влиять на последующие рост и формообразование поясничного отдела позвоночника.

Эдвард Александрович Рамих в 1975 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора медицинских наук «Репаративная регенерация переломов тел позвонков (клинико-экспериментальное исследование)» [15].

Представления об особенностях регенерации переломов тел позвонков основываются почти исключительно на клинико-рентгенологических данных, немногочисленных морфологических исследованиях неоднородного секционного материала и единичных экспериментальных работах.

Существующие представления о морфогенезе регенерации сломанного тела позвонка не раскрывают многих особенностей течения процесса сращения различных видов переломов тел позвонков,

имеющих нередко большое значение с позиций клинических задач.

Основные выводы большого клинико-экспериментального исследования Э.А. Рамиха приведены ниже.

1. Репаративная регенерация проникающих компрессионных переломов тел позвонков с повреждением смежного диска, протекая преимущественно по типу эндостального остеогенеза, развивается не только в виде ангиогенного, но и в значительной степени по типу хондрального и отчасти десмального костеобразования. Хондральный тип костеобразования обусловлен наличием подвижности между вторично сместившимися фрагментами тела позвонка и выраженным нарушением кровоснабжения тканей в зоне повреждения. Роль перистального костеобразования сводится к устранению деформации вентрального отдела тела позвонка и не связана с образованием остеоцитов.

2. Повреждения структуры диска при проникающих переломах тел позвонков замещаются волокнистым и гиалиновым хрящом, соединительной тканью. Развитие медленно прогрессирующих дистрофических изменений в тканях поврежденного диска приводит к появлению признаков, свойственных посттравматическому межпозвонковому остеохондрозу и спондилозу с непрямым наличием грыжи диска в субхондральном отделе тела поврежденного позвонка.

3. Проникающий компрессионный перелом тела позвонка с одномоментным повреждением обоих смежных дисков – наиболее тяжелый и редкий вид переломов тел позвонков. Регенерация такого перелома протекает преимущественно по типу эндостального остеогенеза, при котором, наряду с ангиогенным, существенное место принадлежит хондральному и десмальному типам костеобразования. Хондральный и в меньшей степени десмальный типы костеобразования в эндостальном остеогенезе рассматриваемого типа переломов определяют наиболее существенные особенности и сроки регенерации тела компримированного позвонка. Перио-

стальной остеогенез ограничен зоной перелома вентральной части тела позвонка, областью сломанной и дислоцированной вентральной пластинки.

4. Поврежденные отделы смежных дисков при проникающих переломах тел позвонков в процессе регенерации замещаются волокнистым и гиалиновым хрящом, плотной соединительной тканью. Возникающие дистрофические изменения в тканях поврежденных дисков постепенно прогрессируют, приводя к развитию выраженного остеохондроза и спондилоза, которым постоянно сопутствуют грыжи дисков в субхондральных зонах тела позвонка.

5. Компрессионные оскольчатые переломы тел позвонков – наиболее тяжелые переломы. Регенерация костной ткани при таком переломе, полученном в эксперименте у собак, протекает преимущественно по типу эндостального остеогенеза, при котором неизбежно развиваются и имеют определяющее значение хондральный и десмальный виды костеобразования. Ангиогенный тип костеобразования сосредоточен в отдельных зонах повреждения фрагментов тела позвонка и в периосте. Периостальный остеогенез ограничен вентральной поверхностью тела позвонка, зоной сломанной и дислоцированной вентральной пластинки.

6. При компрессионном оскольчатом переломе тела позвонка в условиях эксперимента всегда наступает сращение перелома тела позвонка и не возникает спонтанного переднего блока, при этом закономерно образуются выраженные интеркорпоральные грыжи смежных дисков. Поврежденные отделы дисков замещаются гиалиновым и волокнистым хрящом, соединительной тканью. Подвергающиеся дистрофии неповрежденные участки дисков постепенно замещаются плотной соединительной тканью, волокнистым хрящом. Вместе с тем значительные части неповрежденных отделов дисков сохраняют длительно свое строение неизменным. В результате поврежденные диски при оскольчатом переломе тела позвонка приобретают черты межпозвонкового остеохондроза без одно-

временных проявлений спондилоза. Отсутствие параллелизма с клиникой следует объяснять особенностями биомеханики позвоночника собак.

7. Распределение мукополисахаридов в тканях позвонка в процессе формирования костной трабекулы при эндостальном и периостальном репаративном остеогенезе не отличается от известных гистохимических характеристик процесса оссификации костной балки. В образующейся по линии перелома тела позвонка хрящевой ткани на начальном этапе регенерации преобладает содержание кислых мукополисахаридов. С оссификацией хрящевой ткани в ней все более превалируют ШИК-позитивные вещества. Чем значительнее выражены процессы дистрофии в диске, смежном с поврежденным позвонком, тем меньше содержится мукополисахаридов в его структурах.

8. Количественное содержание микроэлементов железа, алюминия, титана, кремния в тканях поврежденного и неповрежденного позвонков изменяется в соответствии с проявлениями определенной стадии регенерации каждого вида перелома тела позвонка. Ангиогенному типу костеобразования при изолированных переломах тел позвонков почти во все периоды соответствует высокое содержание железа и в первые недели – алюминия в тканях тела позвонка. Значительней и продолжительней концентрация кремния в тканях тел позвонков в процессе регенерации проникающих и оскольчатых переломов тел позвонков. В определенные периоды регенерации изолированного перелома тела позвонка значительна концентрация алюминия в тканях дисков, смежных с ним. В течение регенерации проникающего и оскольчатого переломов тел позвонков в поврежденных дисках длительно выражена концентрация кремния. Небольшое накопление титана в тканях поврежденного диска в определенные периоды регенерации присуще только оскольчатому перелому тела позвонка.

9. Морфологические проявления течения регенерации различных видов переломов тел позвонков у пострадавших людей аналогичны экспериментальным данным. Анатомо-физиологические, биомеханические особенности позвоночника человека способствуют, особенно при тяжелой степени повреждения, развитию неблагоприятных проявлений в течение регенерации тела позвонка. Выявленные в эксперименте закономерности развития регенерации каждого вида перелома тела позвонка могут быть своеобразным объективным тестом при прогнозировании и выборе оптимального патогенетически обоснованного метода лечения пострадавших с рассматриваемыми переломами тел позвонков.

Леонид Наумович Полляк в работе «Динамика прочностных характеристик элементов формирующегося вентрального костного блока позвонков в эксперименте» [16] представил результаты экспериментального исследования на 133 взрослых беспородных собаках.

Проведено три вида оперативных вмешательства: 1-я серия – межтеловой спондилодез на одном уровне (49 животных); 2-я серия – межтеловой спондилодез на двух уровнях (38 животных); 3-я серия – вентральный спондилодез по типу частичного замещения тела позвонка (46 животных).

Использованный пластический материал – аутокость. В 1-й и 2-й сериях – компактно-спонгиозные трансплантаты из дистального метафиза бедра; в 3-й – трансплантаты из проксимального метафиза большеберцовой кости с преобладанием компактного компонента. Сроки наблюдения – 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 мес.

Для исследования из блока тела позвонка в сагиттальной плоскости выпиливался препарат стандартной толщины 6 мм. До момента исследования хранился при температуре -20 °С.

Изучали микротвердость, модуль упругости, рентгеновскую плотность костной ткани элементов блока тел позвонков, динамику формирования

го времени консервации и сохранение биологических свойств, необходимых для успеха пластической операции. Разработанные подходы нашли свое продолжение в практической работе Новосибирского НИИТО и страны в целом, легли в основу большого количества исследовательских работ в последующие периоды.

Заключение

Количество исследований, выполненных под руководством проф. Я.Л. Цивьяна, значительно больше. Мы

постарались привести данные по тем работам, которые касаются только репаративной регенерации костной ткани при вертебрологических операциях. Обращают на себя внимание экспериментальные и экспериментально-клинические работы на большом количестве животных, с изучением различных факторов, которые прямым или косвенным образом могут повлиять на результат (формирование костного блока, полную органотипическую перестройку) и, как следствие, на исход лечения пациентов. Все выводы, полученные в ходе

выполнения экспериментальных исследований, давали понимание того, как те или иные методики или материалы могут быть использованы в клинической практике. Новые гипотезы также проверялись в экспериментально-клинических исследованиях. Наш обзор позволяет в хронологическом порядке проследить динамику репаративной регенерации в вертебологии.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Михайловский М.В., Дюбуссе Ж.Ф. Сколиоз: история болезни. Новосибирск, 2020. [Mikhaylovskiy MV, Dubousset JF. Scoliosis: History of Disease. Novosibirsk, 2020. In Russian].
2. Савельев В.И., Родокова Е.Н. Трансплантация костной ткани. Новосибирск, 1992. [Saveliev VI, Rodyukova EN. Bone Tissue Transplantation. Novosibirsk, 1992. In Russian].
3. Кирилова И.А. Анатомо-функциональные свойства кости как основа создания костно-пластических материалов для травматологии и ортопедии. М., 2019. [Kirilova IA. Anatomical and Functional Properties of Bone as the Basis for the Creation of Osteoplastic Materials for Traumatology and Orthopaedics. Moscow, 2019. In Russian].
4. Летина В.И. Костно-пластическая фиксация задних отделов позвоночника в эксперименте и клинике: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1965. [Letina VI. Osteoplastic fixation of the posterior spine in experiment and clinical practice: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1965. In Russian].
5. Ардашев И.П. Полное замещение тела позвонка в эксперименте: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1968. [Ardashev IP. Complete replacement of the vertebral body in the experiment: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1968. In Russian].
6. Чаклин В.Д., Базилевская З.В. Регенерация позвонков при переломах // Чаклин В.Д. Переломы костей и их лечение. Свердловск, 1936. С. 90–93. [Chaklin VD, Bazilevskaya ZV. Regeneration of vertebrae in fractures. In: Chaklin VD, ed. Bone Fractures and Their Treatment. Sverdlovsk, 1936:90–93. In Russian].
7. Цивьян Я.Л., Рамих Э.А., Михайловский М.В. Репаративная регенерация тела сломанного позвонка. Новосибирск, 1985. [Tsivyan YaL, Ramikh EA, Mikhaylovskiy MV. Reparative Regeneration of the Fractured Vertebral Body. Novosibirsk, 1985. In Russian].
8. Мотов В.П. Тотальная дискэктомия и расклинивающий корпородез в лечении поясничного межпозвоночного остеохондроза: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1968. [Motov VP. Total discectomy and wedging corporodesis in the treatment of lumbar intervertebral osteochondrosis: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1968. In Russian].
9. Торгашева Г.Я. Частичное замещение тел позвонков в эксперименте: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1969. [Torgasheva GYa. Partial replacement of vertebral bodies in the experiment: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1969. In Russian].
10. Жданов Г.М. Влияние артродезирующих операций на рост и форму растущего позвоночника: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1969. [Zhdanov GM. Influence of arthrodesis operations on the growth and shape of the growing spine: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1969. In Russian].
11. Никольский М.А. Исходы костной пластики на телах поясничных позвонков: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1971. [Nikolsky MA. Outcomes of bone grafting in the lumbar vertebral bodies: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1971. In Russian].
12. Пронских В.С. Роль заднего спондиллодеза в комплексе лечения сколиотической болезни: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1971. [Pronskikh VS. The role of posterior spinal fusion in the multimodal treatment of scoliotic disease: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1971. In Russian].
13. Карих Р.И. Частичное замещение тел позвонков: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1974. [Karikh RI. Partial replacement of the vertebral bodies: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1974. In Russian].
14. Коржавин Г.М. Рост и формирование позвоночника после оперативного повреждения передней продольной связки и межпозвоночных дисков в эксперименте: дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 1974. [KorzHAVIN GM. Growth and formation of the spine after surgical damage to the anterior longitudinal ligament and intervertebral discs in experiment: DMedSci Thesis. Novosibirsk, 1974. In Russian].
15. Рамих Э.А. Репаративная регенерация тел позвонков при переломах (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1979. [Ramikh EA. Reparative regeneration of vertebral bodies in fractures (clinical and experimental study): MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1979. In Russian].
16. Поляк Л.Н. Динамика прочностных характеристик элементов формирующегося вентрального костного блока позвонков в эксперименте: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1987. [Pollyak LN. Dynamics of strength properties of the elements of the forming anterior spinal fusion in experiment: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1987. In Russian].
17. Машаров И.В. Проникающие переломы тел позвонков и их оперативное лечение: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 1987. [Masharov IV. Penetrating vertebral body fractures and their surgical treatment: MD/PhD Thesis. Novosibirsk, 1987. In Russian].
18. Петров Р.В. Иммунология. М., 1982. [Petrov RV. Immunology. Moscow, 1982. In Russian].
19. Савельев В.И. Химическая стерилизация тканевых трансплантатов и применение их в пластической хирургии: дис. ... д-ра мед. наук. Омск, 1967. [Saveliev VI. Chemical sterilization of tissue grafts and their application in plastic surgery: DMedSci Thesis. Omsk, 1967. In Russian].

Адрес для переписки:

Кирилова Ирина Анатольевна
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна,
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
IKirilova@niito.ru

Статья поступила в редакцию 29.10.2020

Рецензирование пройдено 30.11.2020

Подписано в печать 04.12.2020

Address correspondence to:

Kirilova Irina Anatolyevna
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L. Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
IKirilova@niito.ru;

Received 29.10.2020

Review completed 30.11.2020

Passed for printing 04.12.2020

Ирина Анатольевна Кирилова, д-р мед. наук, заместитель директора по науке, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-1911-9741, IKirilova@niito.ru;
Николай Гаврилович Фомичев, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-0252-0766, niito@niito.ru.

Irina Anatolyevna Kirilova, DMSc, Deputy Director for Research Affairs, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-1911-9741, IKirilova@niito.ru;

Nikolay Gavrilovich Fomichev, DMSc, Prof., chief researcher, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-0252-0766, niito@niito.ru.