

ПЕРЕДНИЙ СПОНДИЛОДЕЗ ВАСКУЛЯРИЗИРОВАННЫМ ТРАНСПЛАНТАТОМ РЕБРА В ЛЕЧЕНИИ ТЯЖЕЛОГО КИФОСКОЛИОЗА ПРИ НЕЙРОФИБРОМАТОЗЕ

А.Ф. Матюшин, В.А. Гаврилов

*ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии
и ортопедии» Минздравсоцразвития (г. Новосибирск)*

Представлены два варианта переднего спондилодеза трансплантатом из ребра, кровоснабжаемого одним или двумя сосудисто-нервными комплексами межреберья. Пластику осуществляли в комплексе корригирующей реконструкции у двух пациенток, страдающих тяжелым кифосколиозом грудной и грудопоясничной локализации при нейрофиброматозе первого типа. По данным лучевой диагностики консолидация трансплантатов с телами позвонков отмечена между 14–91-ми сутками. В отдаленные сроки (12 и 18 лет) коррекция гиперкифоза сохранялась, из ребра сформировался регенерат в виде колонны. Функция внешнего дыхания улучшилась после лечения, но оставалась ниже нормы с тенденцией ухудшения в финале наблюдения. Осложнения не зарегистрированы. Такую пластику можно рассматривать как метод выбора для передней стабилизации в комплексе лечения тяжелых форм грудного и грудопоясничного кифосколиоза при нейрофиброматозе.

Ключевые слова: нейрофиброматоз, тяжелый кифосколиоз, передний спондилодез, васкуляризированный трансплантат ребра на ножке, регенерация.

Матюшин Александр Федорович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела нейроортопедии ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии», врач-консультант АНО «Клиника ННИИТО», телефон рабочий: 8 (383)224-45-58, e-mail: AMatychin@niito.ru

Гаврилов Валентин Афанасьевич — кандидат медицинских наук, врач консультант АНО «Клиника ННИИТО», телефон рабочий: 8 (383) 224-54-74

Введение. Передний спондилодез васкуляризированным трансплантатом «распоркой» из ребра на питающей ножке успешно используют в реконструктивной хирургии позвоночника при повреждениях, аномалиях, метастатической болезни, спондилитах и кифозах [1–3, 8–11]. В комплексе лечения использование данного метода стабилизации

для преодоления сложных проблем псевдоартрозов и прогрессирования гиперкифозов и кифосколиозов при нейрофиброматозе имеет заманчивые перспективы, но его применение у таких больных крайне ограничено [2, 10, 12]. В литературе нет сведений, касающихся описания данного вида костной пластики, особенностей и результатов его применения в лечении кифосколиозов при нейрофиброматозе.

В статье представлен метод переднего спондилодеза васкуляризированным трансплантатом ребра в комплексе корригирующей реконструкции остроугольных грудных и грудопоясничных кифосколиозов при нейрофиброматозе с клиническими примерами первого опыта (двух случаев) и отдаленными результатами наблюдений.

Пациенты и методы. В период с 1993 по 1997 год в Новосибирском НИИТО были прооперированы две пациентки, страдающие дистрофической формой тяжелого остроугольного кифосколиоза на почве нейрофиброматоза первого типа (НФ-1) с преобладанием гиперкифоза грудопоясничной (случай 1) и грудной (случай 2) локализации (табл. 1). Диагноз НФ-1 подтверждался клиническим генетиком, наличием классических кожных и мягкотканых проявлений и рентгенологических признаков дистрофических поражений позвоночника и ребер. У обеих пациенток зарегистрированы очень резкие (менее 40 % от должного) нарушения функции внешнего дыхания (ФВД) по ристриктивному типу, наличие реберно-позвоночного горба, недостаточный рост и вес (табл. 2). Обе пациентки являлись инвалидами детства.

У обеих пациенток была осуществлена сложная многосегментарная радикальная корригирующая реконструкция позвоночника в четыре хирургических этапа [4]. Первый этап состоял из передней многосегментарной декомпрессии спинного мозга по типу его транспозиции на вершине искривления [5]. Второй и третий выполняли в условиях скелетного вытяжения за череп и голени. Они включали инструментальную коррекцию деформации позвоночника телескопической удлиняющей системой [6] (этапная управляемая коррекция) с резекцией задних отделов позвонков и задним спондилодезом.

Таблица 1

Данные операционного периода

Показатель	Случай 1	Случай 2
Протяженность заднего спондилодеза	Th8—L1	Не выполняли
Используемые металлоконструкции	телескопическая система слева Th1—L5; справа Th2—L5	телескопическая система слева Th1,2,3—L1,3; справа контрактор Th2—Th9
Продолжительность транспозиции ребра (мин)	140*	115*
Общая потеря крови (мл)	500	350
Локализация/длина дефекта тел (позвонки/см)	Th8—Th11/ 8	Th5(1/2)—Th8(1/2)/ 6
Локализация/длина переднего спондилодеза (позвонки/см)	Th7—L1/10	Th5—Th8/6,5
Длина трансплантата ножка/ребро (см)	8/10,5	5/6,5

* — без учета времени, ушедшего на пневмолиз и ревизию зоны декомпрессии.

Таблица 2

Динамика изменений показателей пациентов за весь период наблюдения

Показатель	Случай 1				Случай 2			
	До лечения	1 месяц	21 месяц	13 лет 8 месяцев	До лечения	1 месяц	25 месяцев	18 лет 5 месяцев
Угол гиперкифоза по Коббу (градусы)	165	41	43	49	148	65	64	66
Угол сколиоза по Коббу (градусы)	158	64	65	73	142	56	85	85
ЖЁЛ абс. литры (% долж.)	1,05 (35,2%)	0,78 (23,5%)	1,9 (60,3%)	1,52 (46,3%)	1,15 (38,6%)	0,75 (25,1%)	1,6 (53,7%)	1,44 (48,1%)
Рост (см)	122,5	150	151	148,5	136	149	144	142
Период консолидации трансплантата (дни)	14–29				44–91			
Гипертрофия (%)	32,8				90,7			
Органотипическая перестройка	отсутствует				не завершена			

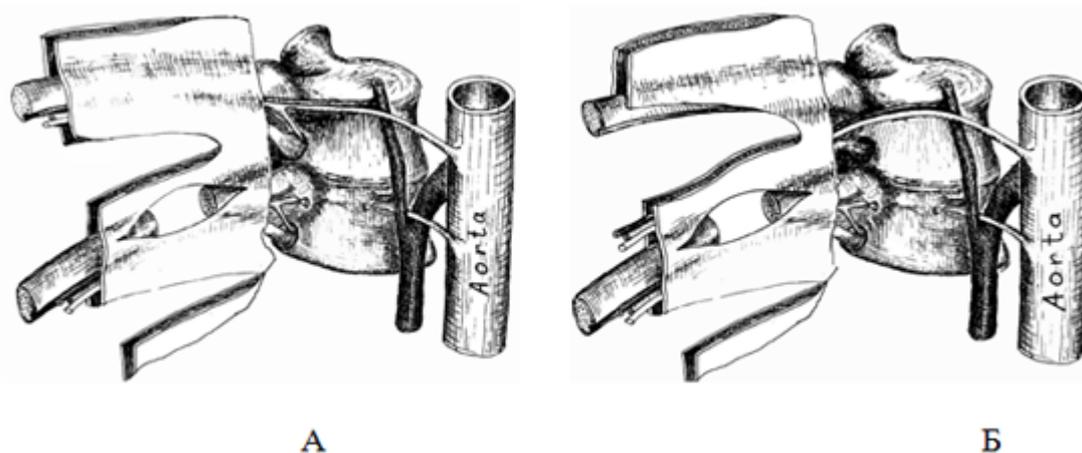


Рис. 1. Схема формирования трансплантата ребра на питающей ножке с одним (А) и с двумя (Б) межреберными сосудисто-нервными комплексами

На завершающем, четвертом этапе, учитывая высокий риск развития псевдоартроза в зоне многосегментарного вентрального дефекта в грудопоясничном (случай 1) и в грудном (случай 2) отделах позвоночника пациенткам был показан передний спондилодез васкуляризированным трансплантатом распоркой из ребра на питающей ножке. Метод переднего спондилодеза трансплантатом ребра на ножке был разработан авторами этой статьи для использования при радикальной корригирующей реконструкции тяжелых

кифосколиозов с применением имплантируемых инструментальных систем задней фиксации позвоночника [7].

Описание метода. В положении пациента на боку доступ в плевральную полость и формирование трансплантата выполняют в один прием с выпуклой стороны кифосколиоза, определяя ребро для транспозиции на 1–3 позвонка выше вершины деформации. При формировании трансплантата с одним источником кровоснабжения вскрывают плевральную полость, рассекая мягкие ткани по нижней трети ширины межреберья над транспонируемым ребром от паравертебральной до передней аксиллярной линий (рис. 1А).

Для увеличения количества источников кровоснабжения трансплантата питающую ножку и мягкотканую муфту последнего формируют, включая в их состав дополнительный межреберный сосудисто-нервный комплекс вышележащего межреберья. Для этого по наружной поверхности ребра, расположенного над транспонируемым ребром, осуществляют разрез мягких тканей от паравертебральной, до передней аксиллярной линий (рис. 1Б). Скелетируют от надкостницы нижнюю половину данного ребра и вскрывают плевральную полость, оставляя сосудисто-нервный пучок этого межреберья в составе ножки и муфты транспонируемого ребра.

Дистальный конец ребра, выбранного для транспозиции, и окружающие его межреберные мышцы пересекают поперечно, отступив проксимально на 1–2 см от реберно-грудинного синхондроза. Нижний край трансплантата и питающей его ножки формируют, рассекая межреберные мышцы и плевру близ верхнего края нижележащего ребра от реберно-грудинного сочленения до уровня вершины поперечного отростка. Транспонируемое ребро оттягивают кзади и рассекают покрывающую его костальную плевру и надкостницу продольно. Линию разреза начинают на 3–5 см дистальнее проекции его головки, продолжая ее к периферии на величину предполагаемой длины питающей ножки. Данный участок ребра на протяжении разреза циркулярно скелетируют и поднадкостнично резецируют, сохраняя целостность мягких тканей и сосудисто-нервного пучка. Замеряют величину дефекта тел позвонков и формируют необходимую длину самого трансплантата и его питающей ножки, укорачивая проксимальный и/или дистальный конец трансплантата ребра так, чтобы длина его костной составляющей была на 1–2 см больше перекрываемого участка позвоночника. Концы трансплантата ребра скелетируют от мягких тканей муфты не более чем на 3–5 мм. Ребро перемещают к вершине кифоза (дефекта), поворачивают параллельно продольной оси туловища. Дистальный конец ребра вставляют в гнездо, сформированное в теле каудального опорного позвонка, накрывая свободным концом его мягкотканой муфты с надкостницей, зону их непосредственного контакта. Через разрез плевры и надкостницы выводят проксимальный конец ребра и внедряют его в паз на теле краниального позвонка. Трансплантат накрывают с боков плеврой, фиксируя края последней к его мягкотканой муфте отдельными узловыми швами, а свободный конец этой муфты подводят под плевру в зоне ближайшего реберно-позвоночного угла и аналогично фиксируют.

Особенности осуществления метода при нейрофиброматозе. В обоих случаях доступ в плевральную полость выполняли с выпуклой стороны кифосколиоза (справа) на один/три позвонка выше его вершины (табл. 1). У больных висцеральная плевра была плотно спаяна с париетальной от четвертого грудного позвонка до диафрагмального синуса. Во втором случае легкое было мобилизовано без затруднений, тогда как в первом при разделении спаек произошел поверхностный разрыв ткани легкого, который был ушит.

У второй пациентки трансплантат формировали из пятого ребра и перемещали на ножке, состоящей из мышц пятого межреберья, в толще которых находились одноименные артерия, вена и нерв. В первом случае возникли сомнения в отношении адекватности кровоснабжения, выбранного для перемещения седьмого ребра. В связи с чем трансплантат формировали с двумя источниками кровоснабжения из сосудисто-нервного комплекса перемещаемого ребра и аналогичного комплекса из вышележащего межреберья.

Наличие остеопороза тел позвонков затрудняло внедрение и стабильное размещение трансплантата распорки в телах опорных позвонков.

Продолжительность операций в обоих наших случаях не превышала двух с половиной часов за вычетом времени, потраченного на пневмолиз (в обоих случаях) и ушивание раны легкого (в первом случае) (табл. 1). Оба вмешательства осуществляли при минимальном оснащении операционной без привлечения сторонних специалистов, специального инструментария и сложных технологий. Учетная потеря крови у наших пациенток была физиологически допустима и не потребовала переливания крови и ее препаратов (табл. 1). В первом случае широкая раневая апертура и измененные нейрофибромами ткани грудной клетки затрудняли сведение краев раны и провоцировали прорезывание лигатур. В связи с этим для герметизации плевральной полости потребовалась дополнительная пластика окружающими мягкими тканями.

После васкуляризированной трансплантации обе пациентки находились 15 дней на постельном режиме и получали профилактическую антикоагулянтную терапию: инфузии трентала и реополиглюкина, подкожные инъекции гепарина с последующим переходом на оральный прием ацетилсалициловой кислоты в течение последующих 30 дней. Пациенток активизировали с подъемом в вертикальное положение на 16-е сутки без внешней иммобилизации. Осложнений, непосредственно связанных с передним спондилодезом васкуляризированным трансплантатом ребра на ножке, не отмечено.

Результаты. Первая больная наблюдалась в течение полных 13 лет с контролем в сроки 1, 21, 164 месяца после васкуляризированной трансплантации, вторая — 18 лет с контролем через 1, 3, 18, 25, 41, 142 и 221 месяц.

Лучевая диагностика. В процессе лечения в обоих случаях достигнута коррекция гиперкифоза и сколиоза, превышающая 50 % от исходной величины угла Кобба (табл. 2). У первой пациентки в финале наблюдения (164 месяца) задняя инструментальная фиксация сохранялась, потеря коррекции гиперкифоза и сколиоза были минимальны (табл. 2). Во втором случае по причине нагноения инструментальная система была удалена через 13 месяцев после васкуляризированной трансплантации. Потеря коррекции гиперкифоза у этой больной в финале наблюдения (18 лет) была незначительной, тогда как сколиотический компонент деформации увеличился на 29° (табл. 2).

Рентгенологические признаки консолидации трансплантата с телами опорных позвонков у первой пациентки отмечены в период между 14–29-ми сутками после пластики, у второй — между 44–91-ми сутками. По данным МСКТ исследования в первом случае в конце наблюдения гипертрофия трансплантата была минимальна, при этом органотипической перестройки пересаженного ребра не отмечено (табл. 2, рис. 2).

рассматривать как более рациональную и менее трудоемкую (не требующую применения микрохирургической техники сосудистого шва) альтернативу свободной васкуляризированной трансплантации малой берцовой кости, которую иногда используют для переднего спондилодеза в грудной и поясничной области [8].

Способность васкуляризированных трансплантатов ребра к быстрой консолидации, гипертрофии и трансформации в опорную колонну находит подтверждение у многих исследователей, изучавших их регенерацию при патологии, не связанной с нейрофиброматозом [1, 3, 11, 13]. Аналогичных работ, затрагивающих проблемы регенерации васкуляризированных трансплантатов ребра при нейрофиброматозе, мы не обнаружили. В наших случаях, несмотря на общее прогрессирование патогенетических проявлений нейрофиброматоза, способность васкуляризированных трансплантатов ребра к автономной регенерации позволила сохранить опороспособность позвоночника и достигнутую коррекцию гиперкифоза без дополнительной передней костной пластики на протяжении 18 лет.

Динамика изменений ФВД у пациентов, оперированных по поводу тяжелых кифосколиозов при нейрофиброматозе, изучена мало. Winter (2011) в своем сообщении о 28-летнем наблюдении похожего случая упоминал о временном улучшении ФВД с последующим его ухудшением в отдаленные сроки [14]. В наших случаях была зарегистрирована подобная динамика, которая наводит на мысль, что главной причиной ухудшения показателей ФВД в финале наблюдения у подобных больных следует считать патогенетические проявления болезни. У больных с нейрофиброматозом легочная артериопатия «plexogenic pulmonary arteriopathy» [15] может являться ведущим фактором, определяющим прогрессивное ухудшение показателей ФВД с плохим долгосрочным прогнозом и развитием легочной гипертензии [15, 16], который в конечном итоге может приводить к необходимости легочной трансплантации [16]. Суммируя результаты собственных исследований и данные литературы, можно заключить, что лечение подобных пациентов с применением передних доступов должно осуществляться под контролем состояния ФВД не только в периоперационном периоде, но и в отдаленные сроки. Передний спондилодез васкуляризированным трансплантатом распоркой из ребра на ножке целесообразно рассматривать как метода выбора в решении проблем передней стабилизации тяжелых форм грудного и груднопоясничного кифосколиоза при нейрофиброматозе.

Список литературы

1. Дрибинский М. Б. Хирургическое лечение туберкулеза грудного и поясничного отделов позвоночника : автореф. дис... д-ра мед. наук / М. Б. Дрибинский. — М., 1970. — 29 с.
2. Матюшин А. Ф. Реконструкция многосегментарного вентрального дефекта позвоночника васкуляризированным трансплантатом ребра. (Экспериментально-клиническое исследование) / А. Ф. Матюшин, В. А. Гаврилов, М. Ю. Сизиков // IX съезд травматологов-ортопедов России, посвященный 200-летию со дня рождения великого русского хирурга Н. И. Пирогова : сб. тезисов. — Саратов, 2010. — С. 546.
3. Гусева В. Н. Передний спондилодез реберным трансплантатом на питающей ножке при туберкулезном спондилите : автореф. дис.... канд. мед. наук / В. Н. Гусева. — Л., 1983. — 24 с.
4. Пат. 2157123 Рос. Федерация: МКИ А61В17/56. Способ лечения грубых форм осевых деформаций позвоночника / Матюшин А.Ф., Гаврилов В.А. ; заявитель и патентообладатель Новосиб., науч.-ислед. ин-т травматол. и ортоп. — № 96104137/14 ; заявл. 29.02.96 ; опубл.10.10. 00. Бюл. № 39. — 3 с.: ил.

5. Пат. 2152760 Рос. Федерация: МКИ А61В17/56. Способ транспозиции спинного мозга при кифосколиозе / Гаврилов В.А., Матюшин А.Ф. ; заявитель и патентообладатель Новосиб., науч.-ислед. ин-т травматол. и ортоп. — № 97109794/14 ; заявл. 11.06.97 ; опубл. 20.07. 00. Бюл. № 36. — 8 с.: ил.
6. А. с. 888968 СССР: МКИ А 61 В 17/18. Устройство для коррекции позвоночника / Гаврилов В.А. ; заявитель и патентообладатель Новосиб., науч.-ислед. ин-т травматол. и ортоп. — № 2711867/28-13 ; заявл. 11.01.79 ; Опубл. 15.12.81. Бюл. № 46. — 6 с. : ил.
7. А.с. 2159589 Рос. Федерация: МКИ А61В17/56. Способ вентральной стабилизации позвоночника несвободным трансплантатом ребра с дополнительной питающей ножкой / Матюшин А.Ф., Гаврилов В.А. ; заявитель и патентообладатель Новосиб., науч.-ислед. ин-т травматол. и ортоп. — № 98105639/14 ; заявл. 27.03.98 ; Опубл. 27.11.00. Бюл. № 33. — 5 с. : ил.
8. Bradford D. S. Vascularized rib grafts for stabilization of kyphosis / D. S. Bradford, Y. H. Daher // J. Bone, Jt. Surg. — 1986. — Vol. 68 B, N 3. — P. 357–361.
9. Louw J. A. Spinal tuberculosis with Neurological deficit / J. A. Louw // J. Bone Jt. Surg. — 1990. — Vol. 72B, N 4. — P. 686–693.
10. Matiouchine A. F. Correction of spine deformity after plasty segmented pedicle rib graft in anterior defect / A. F. Matiouchine, V. A., Gavrilov, A. M. Zaidman // J. Bone Jt. Surg. — 1998. — Supp III [Br]. — P. 246.
11. Wilden J. A. Results of vascularized rib grafts in complex spinal reconstruction / J. A. Wilden [et al.] // J. Bone Joint Surg. — 2006. — Vol. 88A, N4. — P. 832–9.
12. Betz R. R. Scoliosis surgery in neurofibromatosis / R. R. Betz [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. — 1989. — Vol. 245. — P. 53–56.
13. Govender S. Long-term follow-up assessment of vascularized rib pedicle graft for tuberculosis kyphosis / S. Govender, K. P. Kumar, P. C. Med // J. Pediatr. Orthop. — 2001. — N 3. — P. 281–4.
14. Winter R. B. Severe neurofibromatosis kyphoscoliosis, posterior wedge osteotomy, halo-traction, and anterior autograft strut fusion, with 28-year follow-up / R. B. Winter // Spine. — 2011. — Vol. 36, I 26, N 15. — E. 1774–7.
15. Stewart D. R. Is pulmonary arterial hypertension in neurofibromatosis type 1 secondary to a plexogenic arteriopathy? / D. R. Stewart [et al.] // Chest. — 2007. — Vol. 132, N 3. — P. 798–808.
16. Montani D. Pulmonary veno-occlusive disease: clinical, functional, radiologic, and hemodynamic characteristics and outcome of 24 cases confirmed by histology / D. Montani [et al.] // Medicine (Baltimore). — 2008. — Vol. 87, N 4. — P. 220–33.

ANTERIOR SPINE FUSION WITH VASCULARIZED RIB TRANSPLANT IN BARYS KYPHOSCOLIOSIS TREATMENT AT NEUROFIBROMATOSIS

A.F. Matyushin, V.A. Gavrilov

*FSBE Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics
of Minhealthsocdevelopment of Russia (Novosibirsk c.)*

Two options of anterior spine fusion by costal transplant vascularized with one or two neurovascular complexes of intercostal space are presented. Plasty was carried out in complex

of corrective reconstruction at two patients suffering from serious kyphoscoliosis of thoracal and thoracolumbar localization at neurofibromatosis of the first type. According to radial diagnostics the consolidation of transplant with vertebral bodies is registered between the 14-91st days. In the remote terms (12 and 18 years) the correction of hypercyphosis remained, regenerate was created from a rib in the form of column. Function of ventilation improved after treatment, but it remained lower than norm with a deterioration tendency in the observation ending. Complications aren't registered. Such plasty can be considered as a method of choice for frontal stabilization in complex treatment concerning serious forms of thoracal and thoracolumbar kyphoscoliosis at neurofibromatosis.

Keywords: neurofibromatosis, barys kyphoscoliosis, anterior spine fusion, vascularized costal pedicle transplant, neogenesis.

About authors:

Matyushin Alexander Fedorovich — candidate of medical sciences, senior scientist of orthopaedics and neurosurgery department at FSBE Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics of Minhealthsocdevelopment of Russia, consulting physician at ANO «NRITO Clinic», office phone: 8 (383) 224-45-58, e-mail: AMatychin@niito.ru

Gavrilov Valentin Afanasievich — candidate of medical sciences, consulting physician at ANO «NRITO Clinic», office phone: 8 (383) 224-54-74

List of the Literature:

1. Dribinsky M. B. Surgical treatment of tuberculosis of thoracal and lumbar region of spine: autoref. dis ... Dr. of medical sciences / M. B. Dribinsky. — M., 1970. — 29 P.
2. Matyushin A. F. Reconstruction of multisegmentary ventral rib defect with vascularized rib transplant. (Experimental clinical research) / A. F. Matyushin, V. A. Gavrilov, M. Y. Sizikov // the IX congress of traumatologists-orthopedists of Russia, devoted to the 200 anniversary since the birth of great Russian surgeon N. I. Pirogov: col. theses. — Saratov, 2010. — P. 546.
3. Gusev V. N. Anterior spine fusion with costal pedicle transplat at tubercular spondylitis: autoref. dis cand. medical sciences V. N. Gusev. — L., 1983. — 24 P.
4. Pat. 2157123 Rus. Federation: A61B17/56 MCI. Way of treatment of rasping forms of axial deformations spine / Matyushin A. F., Gavrilov V. A.; applicant and patentee NRITO. — № 96104137/14; appl. 29.02.96; publ.10.10. 00. Bulletin № 39. — 3 P: ill.
5. Pat. 2152760 Rus. Federation: A61B17/56 MCI. Way of transposition of spinal cord at Kyphoscoliosis / Gavrilov V. A., Matyushin A. F.; applicant and patentee NRITO. — № 97109794/14; app. 11.06.97; publ. 20.07. 00. Bulletin № 36. — 8 P: ill.
6. A. c. 888968 USSR: MCI A 61 B 17/18. The device for correction spine / Gavrilov V.A.; applicant and patentee NRITO. — № 2711867/28-13; appl. 11.01.79; pub. 15.12.81. Bulletin № 46. — 6 P: ill.
7. A. c. 2159589 Rus. Federation: MCI A61v17/56. Way of ventral stabilization of spine with constrained additional costal pedicle transplat / Matyushin A. F., Gavrilov V.A.; applicant and patentee NRITO. — № 98105639/14; app. 27.03.98; publ. 27.11.00. Bulletin № 33. — 5 P: ill.
8. Bradford D. S. Vascularized rib grafts for stabilization of kyphosis / D. S. Bradford, Y. H. Daher // J. Bone, Jt. Surg. — 1986. — Vol. 68 B, N 3. — P. 357–361.
9. Louw J. A. Spinal tuberculosis with Neurological deficit / J. A. Louw // J. Bone Jt. Surg. — 1990. — Vol. 72B, N 4. — P. 686–693.

10. Matiouchine A. F. Correction of spine deformity after plasty segmented pedicle rib graft in anterior defect / A. F. Matiouchine, V. A., Gavrilov, A. M. Zaidman // *J. Bone Jt. Surg.* — 1998. — Supp III [Br]. — P. 246.
11. Wilden J. A. Results of vascularized rib grafts in complex spinal reconstruction / J. A. Wilden [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* — 2006. — Vol. 88A, N4. — P. 832–9.
12. Betz R. R. Scoliosis surgery in neurofibromatosis / R. R. Betz [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* — 1989. — Vol. 245. — P. 53–56.
13. Govender S. Long-term follow-up assessment of vascularized rib pedicle graft for tuberculosis kyphosis / S. Govender, K. P. Kumar, P. C. Med // *J. Pediatr. Orthop.* — 2001. — N 3. — P. 281–4.
14. Winter R. B. Severe neurofibromatosis kyphoscoliosis, posterior wedge osteotomy, halo-traction, and anterior autograft strut fusion, with 28-year follow-up / R. B. Winter // *Spine.* — 2011. — Vol. 36, I 26, N 15. — E. 1774–7.
15. Stewart D. R. Is pulmonary arterial hypertension in neurofibromatosis type 1 secondary to a plexogenic arteriopathy? / D. R. Stewart [et al.] // *Chest.* — 2007. — Vol. 132, N 3. — P. 798–808.
16. Montani D. Pulmonary veno-occlusive disease: clinical, functional, radiologic, and hemodynamic characteristics and outcome of 24 cases confirmed by histology / D. Montani [et al.] // *Medicine (Baltimore).* — 2008. — Vol. 87, N 4. — P. 220–33.