



КОСТНАЯ ТКАНЬ КАК ОСНОВА ОСТЕОПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОСТНОЙ СТРУКТУРЫ

И.А. Кирилова

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии, Новосибирск

В предлагаемом обзоре даны определения репаративной регенерации, описаны свойства материалов, используемых для костной пластики, проанализированы механизмы регенерации кости. Показано, что восстановление костной ткани нельзя реализовать без учета свойств используемого имплантата, пересадка костной ткани может стать одним из инструментов биологической стимуляции репаративной регенерации кости.

Ключевые слова: костная ткань, костно-пластические материалы, механизмы регенерации кости.

BONE TISSUE AS A BASIS OF OSTEOPLASTIC MATERIALS FOR BONE STRUCTURE RESTORATION

I.A. Kirilova

Definition of reparative regeneration, description of material properties used for bone plastics, and analysis of bone regeneration mechanisms are presented in the review. It is demonstrated that bone tissue restoration could not be realized without consideration of implant properties. Bone transplantation may become one of the tools for biological stimulation of the bone reparative regeneration.

Key Words: bone tissue, bone-plastic materials, bone regeneration mechanism.

Hir. Pozvonoc. 2011;(1):68–74.

Костная ткань — это специализированный тип соединительной ткани, состоящей из клеток и межклеточного вещества. Понятие «костная ткань» относится собственно к костным элементам: костеобразующим и костным клеткам, межклеточному веществу, а также периосту и эндосту, находящимся в состоянии костеобразования [13].

Кость как орган — это сложное структурное образование, в которое, наряду со специфической костной тканью, входят надкостница, костный мозг, кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, в ряде случаев хрящевая ткань [2, 13, 25].

Типы и строение костной ткани

У взрослого человека различают два морфофункциональных типа кости [2, 11, 13, 25].

1. Кортикальная кость (плотная или компактная) составляет внешнюю часть всех скелетных структур (рис. 1). Основной структурной единицей компактной кости является остеон, представляющий собой систему концентрически расположенных костных пластинок, которые имеют форму цилиндров. В центре каждого такого цилиндра имеется гаверсов канал. В каналах гаверсовой системы остеонов лежат кровеносные сосуды, которые берут начало от более крупных сосудов, входящих в кость

по фолькманновским каналам. Между остеонами располагаются вставочные костные пластинки. До 80 % скелета состоит из кортикальной кости.

2. Трабекулярная (губчатая или спонгиозная) кость встречается в местах прикрепления сухожилий к длинным трубчатым костям, в телах позвонков, эпифизах трубчатых костей, в костях таза и в крупных плоских костях. Трабекулярная кость представляет собой более или менее густой переплет из различной толщины и формы твердых перекладин и пластинок, расположенных в различных направлениях, разветвляющихся, соединяющихся друг с другом и ограничивающих неправильные сообщающиеся между собой, как в губке,

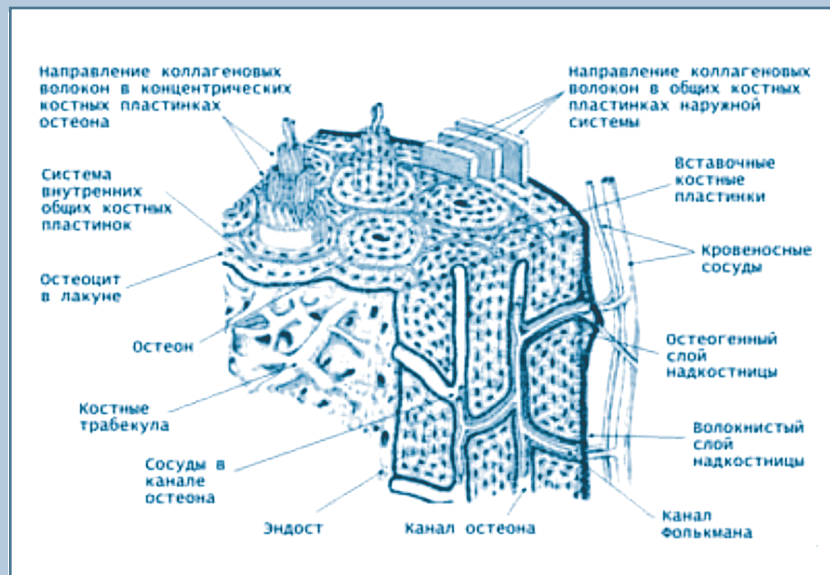


Рис. 1

Анатомия кости [2]

промежутки, заполненные костным мозгом. В основном веществе трабекулярной кости содержится меньше неорганического материала (60–65%), чем в основном веществе компактной кости. Органическое вещество состоит главным образом из коллагеновых волокон. Трабекулярная кость обеспечивает механическую поддержку, особенно в позвоночнике. Метаболически она более активна, чем кортикальная кость, и обеспечивает начальные поставки солей в условиях их острого дефицита.

Состав кости

Костная ткань является природным композитом и состоит из органического вещества (коллагена) — 25% массы костной ткани; минерального компонента (неорганических солей) — 60–70%; клеточных элементов — клеток остеобластического ряда (пре-osteобластов, остеобластов, остеоцитов) и клеток моноцитарного ряда (остеокластов) [2, 13, 19, 21, 25].

Костная ткань является основной структурной организации кос-

ти как органа опорно-двигательного аппарата.

Своеобразное, высокоспециализированное объединение органических и неорганических компонентов кости, правильность ориентации коллагеновых волокон вдоль длинной оси кости, упорядоченное расположение кристаллов минерального вещества костной ткани создали совершенную структуру, обладающую специфическими механическими и физиологическими свойствами [11, 25].

Костная ткань — динамичная полиморфная система, в которой в течение жизни человека происходят два взаимосвязанных процесса, составляющих цикл ремоделирования кости, — резорбция (разрушение старой) и остеогенез (образование новой) [11–13].

В поле зрения травматологов, ортопедов, челюстно-лицевых хирургов постоянно находятся костная ткань и условия ее репаративной регенерации.

Репаративная регенерация

Репаративная регенерация — это восстановление ткани после того или иного повреждения. Механизмы физиологической и репаративной регенерации качественно едины, осуществляются на основе общих закономерностей [20]. Репаративная регенерация есть в той или иной мере усиленная физиологическая [10].

Согласно данным Г.И. Лаврищевой [13], кость обладает большим репаративным потенциалом. Нормально протекающие процессы репаративной регенерации можно ускорить за счет ускорения метаболизма лишь в очень небольшой степени (ускорение исчисляется днями и неделями). Замедлить же ее очень легко путем нарушения условий, способствующих регенерации, что часто бывает из-за недостаточного учета физиологии кости.

С.С. Ткаченко, В.В. Руцкий [21, 22] считают, что репаративная регенерация — это сложный процесс, вызванный разрушением костных структур, количественно превосходящим допустимые пределы физиологической регенерации, который направлен на восстановление анатомической целостности и обеспечение функции кости.

А.А. Корж, Н.В. Дедух [11] представляют процессы регенерации кости как сложное переплетение общих влияний на системном уровне и местных изменений тканевого метаболизма, включая изменения на молекулярном уровне.

В отличие от физиологической регенерации, которая по своей сути является адаптационной, репаративная регенерация — компенсаторный процесс, который обуславливает восстановление нарушенного гомеостаза после гибели части или целого органа [13, 15].

Репаративная регенерация каждого вида тканей имеет свои особенности, но всегда включает процессы распада поврежденных клеток и межклеточного вещества, пролиферацию сохранивших жизнеспособность клеток,

их дифференцировку, установление межклеточных связей — интеграцию, адаптационную перестройку регенерата. Репаративная регенерация может быть полной и неполной. Полная регенерация (реституция) характеризуется возмещением дефекта тканью, полностью идентичной погибшей. Неполная репаративная регенерация (субституция) — дефект замещается плотной волокнистой соединительной тканью, рубцом [12].

Костная ткань является уникальной тканью, в которой даже большие по протяженности дефекты могут быть восстановлены полностью [9, 11–13].

Репаративный остеогенез — многокомпонентный процесс, основными составляющими которого являются дифференцирование клеток, их пролиферация, резорбция погибшей кости и новообразуемой кости при ее ремоделировании, формирование органического внеклеточного матрикса, его минерализация. Все эти процессы реализуются одновременно, но на разных этапах репаративного остеогенеза один из них может быть преобладающим [11, 16].

При наличии значительных костных дефектов для их заполнения используют костно-пластические материалы, свойства которых имеют существенное значение для репаративной регенерации и восстановления кости [1, 3, 4, 8, 9, 15–17, 19, 27, 28].

Материалы для костной пластики по происхождению можно разделить на биологические (ауто- и алломатериалы, ксеноматериалы, биологически активные молекулы белковой и небелковой природы, обладающие свойствами факторов роста); искусственные (синтетические) на основе β -трикальций фосфата, гидроксиапатита, различных типов керамики, сульфата кальция и др.; композиционные (компози́ты) — это смесь (композиция) нескольких синтетических и/или биологических материалов для придания им синергичных свойств [1].

Широкий ассортимент свидетельствует о том, что необходима разработка материалов, позволяющих формироваться регенерату органотипического

строения на их основе. Разработанный материал должен при имплантации в костное ложе компактного строения приводить к формированию кости остеонного строения, а при имплантации в губчатую кость — балочного. Таким образом, материал должен обладать набором характеристик и, по нашему мнению, отвечать следующим требованиям:

- идентичность химического состава и архитектоники свойствам кости (зоне предполагаемой имплантации);
- моделируемость;
- резорбируемость, продленная во времени от 3 до 12 мес.;
- остеокондуктивность;
- остеоиндуктивность;
- замещение органотипической костной тканью;
- адресная доставка и пролонгированное действие лекарственных средств в зоне дефекта (антибактериальный или анальгетический эффект).

Подобным требованиям, на наш взгляд, могут отвечать только костно-пластические материалы на основе аллокости, подвергнутой различным видам технологической обработки.

В зависимости от способа предварительной химической обработки костной ткани аллоимплантат может быть трех видов:

- 1) нативный, с сохраненной костной структурой и соотношением органического и минерального компонентов;
- 2) деминерализованный, лишенный минерального компонента органический матрикс кости;
- 3) депротеинизированный, лишенный органического компонента минеральный компонент или кристаллическая решетка гидроксиапатита, биологического происхождения.

Кроме химической обработки, фрагменты аллокости отличаются по размерам и форме, которые придается материалу в ходе моделирования. Так, фрагменты кортикальной кости, в зависимости от моделирования, могут представлять собой фрагменты диафизов малоберцовой (лок-

тевой, большеберцовой и др.) кости; кортикальные фрагменты — пластины из большеберцовой кости различных плоскостных размеров (например, 10,0 x 2,0 или 3,0 x 2,0 см), толщина которых изменяется в зависимости от толщины кортикальной кости донора от 0,2 до 0,5 см; костную соломку — продольные распилы кортикальных фрагментов различной длины, чаще всего 10,0–12,0 см, шириной 0,1–0,3 см, толщиной 0,2–0,5 см.

В зависимости от способа предварительной химической обработки костной ткани и способа стерилизации и консервации изменяются физико-химические, остеоиндуктивные и остеоиндуктивные свойства костных аллоимплантатов.

Так, фрагменты нативной кости сохраняют не только состав и соотношение минерального и органического компонентов, но и свои прочностные характеристики, характерные для аналогичных сегментов скелета [7].

Фрагменты депротеинизированной аллокости обладают меньшей иммуногенностью по сравнению с нативными костными фрагментами, поскольку в процессе обработки лишаются органического компонента кости [29]. Кроме того, процесс депротеинизации повышает вирусную и бактериальную безопасность аллокости, на которую постоянно ссылаются производители синтетических костезамещающих материалов [3, 27, 28]. По сути, полученный подобным образом костный материал представляет собой карбонатгидроксиапатит аллогенного происхождения с сохраненной архитектурой и микрорезлементным составом [18].

Деминерализованные костные аллоимплантаты за счет освобождения от минерального компонента абсолютно не обладают прочностными свойствами. Целая группа костных морфогенетических белков (КМБ), содержащихся в деминерализованной костной ткани, стимулирует как пролиферацию и дифференцировку родоначальников остеодифферона, так и ангиогенез [5, 14, 19, 26].

Что касается воздействия костно-пластических материалов (КПМ)

на процессы регенерации кости, то, в соответствии с современными знаниями, существуют четыре основных механизма [4, 6, 8].

1. Остеобластический остеогенез, стимулируемый трансплантацией так называемых детерминированных остеогенных продромальных клеток (ДОПК), обладающих собственной потенцией костеобразования. Данный принцип известен в связи с трансплантацией аутологичной губчатой кости [23].

2. Остеокондуктивный остеогенез (остеокондукция) как способ пассивной стимуляции ДОПК с помощью полусинтетических и синтетических заменителей кости, а также с помощью аллогенных костных трансплантатов [3, 29]. Здесь процесс прямого остеобластического остеогенеза, как это бывает при пересадке жизнеспособных трансплантатов, невозможен, так как используется авитальный материал, который не может оказать подобного действия. Авитальные биологические и синтетические имплантаты выполняют роль остова для прорастания кровеносных сосудов. Затем происходит врастание клеток из костного ложа. Этот механизм сочетает процессы резорбции и отложения новой кости, начиная от границ дефекта. Клеточные механизмы резорбции имплантата и формирования новой кости протекают аналогично консолидации перелома в условиях остеосинтеза [30, 34]. Axhausen [24] предложил в этой связи термин «ползущее замещение», он понимал под ним первичное рассасывание имплантата с вторичным, последующим врастанием новой кости из ложа. По-видимому, в материнском ложе, богатом ДОПК, происходит их активизация под действием имплантата. Имплантат соединяется с костным ложем при помощи грануляционной ткани, резорбируется и постепенно замещается новой костью [25].

3. Остеоиндуктивный остеогенез (остеоиндукция) через фенотипическое преобразование неспецифических соединительных клеток, так называемых индуцибельных остеопродромальных клеток [25] под дей-

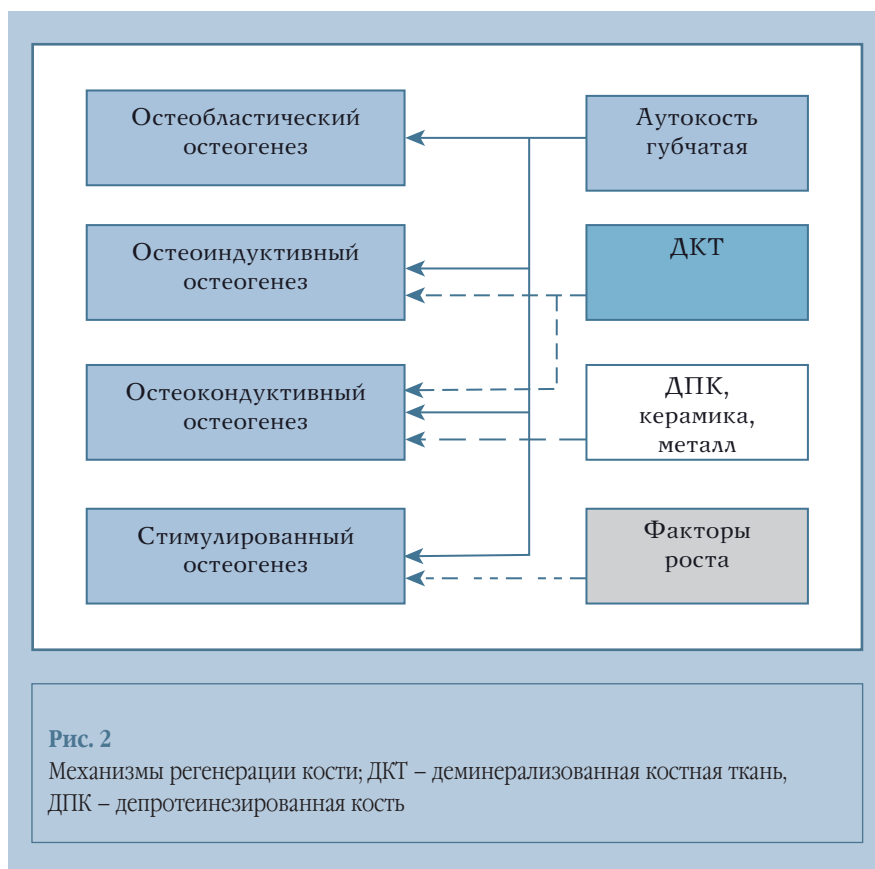
ствием специфических субстанций, к которым принадлежит КМБ. Согласно Reddi, Anderson [33], клеточные и молекулярные процессы протекают по определенному каскадному типу.

4. Стимулированный остеогенез (остеостимуляция) — это воздействие теми или иными факторами, которые способствуют усилению уже протекающих процессов остеогенеза, то есть стимулируют их (например, фактор роста).

Если рассматривать взаимосвязь КПМ и механизмов регенерации, то полностью все механизмы регенерации реализуются только при имплантации аутогенной губчатой кости (рис. 2), поскольку аутокость содержит клеточные элементы, запускающие остеобластический остеогенез, основное вещество кости, являющееся остеокондуктивной матрицей, КМБ, обладающие остеоиндуктивными свойствами, биологически активные вещества, выделяющиеся при рассасывании и оказывающие стимулирующее действие на остеогенез.

При имплантации аллокости реализуются механизмы 2–3, синтетических материалов — исключительно механизм 3, а композиционных — комбинация механизмов 2–4.

Для увеличения механизмов регенерации, задействованных в каждом конкретном случае, создаются тканеинженерные конструкции на основе материалов с обогащением последних факторами роста и/или клеточными элементами [15–17, 27, 28, 31, 32, 35]. Максимальное количество использованных механизмов регенерации теоретически должно способствовать формированию органо-типического регенерата в зоне пластики. Однако данное предположение распространяется только на рассасывающиеся с течением времени КПМ. Большая часть синтетических материалов относится к нерассасывающимся или частично деградирующим, поэтому формирование органо-типического регенерата на их основе маловероятно. В данном случае скорее можно говорить об остеоинтеграции



или образовании сцепления материала с костью ложа.

Использование материалов с различными свойствами и характеристиками предусмотрено только в тех условиях, в которых эти характеристики являются самыми востребованными.

Наиболее часто КПМ используют при опухолях и опухолеподобных заболеваниях [1, 15]. Однако и при лечении одной нозологии виды и способы использования костных материалов различны. И связано это не только с величиной очага поражения, но и с расположением в сегментах скелета, с учетом биомеханической нагрузки, которую испытывает тот или иной сегмент опорно-двигательного аппарата. С учетом вышеизложенного нами определены два основных вида костной пластики: объемная и фиксирующая (рис. 3).

Объемная костная пластика — это пластика, предназначенная для воспол-

нения дефицита кости в органах опорно-двигательного аппарата, не несущих биомеханических нагрузок.

Фиксирующая костная пластика — это пластика, основная цель которой фиксация опорных костных структур (позвоночника, нижних конечностей), то есть структур, испытывающих значительные биомеханические нагрузки.

Исходя из этого, мы разделили весь спектр требований (критериев), предъявляемых к остеопластическим материалам, на обязательные и желательные. Обязательные критерии, в свою очередь, мы разделили на общие и дифференциальные. Обязательные общие критерии — это критерии, соблюдение которых является обязательным для благоприятного исхода любого вида костной пластики.

Обязательный дифференциальный критерий — критерий, позволяющий адекватно осуществить выбор остеоп-

ластического материала для конкретного клинического случая. В качестве такого критерия нами выбрана опороспособность.

Желательные критерии — это критерии, наличие которых не является обязательным, но может иметь место с целью ограничения дополнительной медикаментозной нагрузки в послеоперационном периоде.

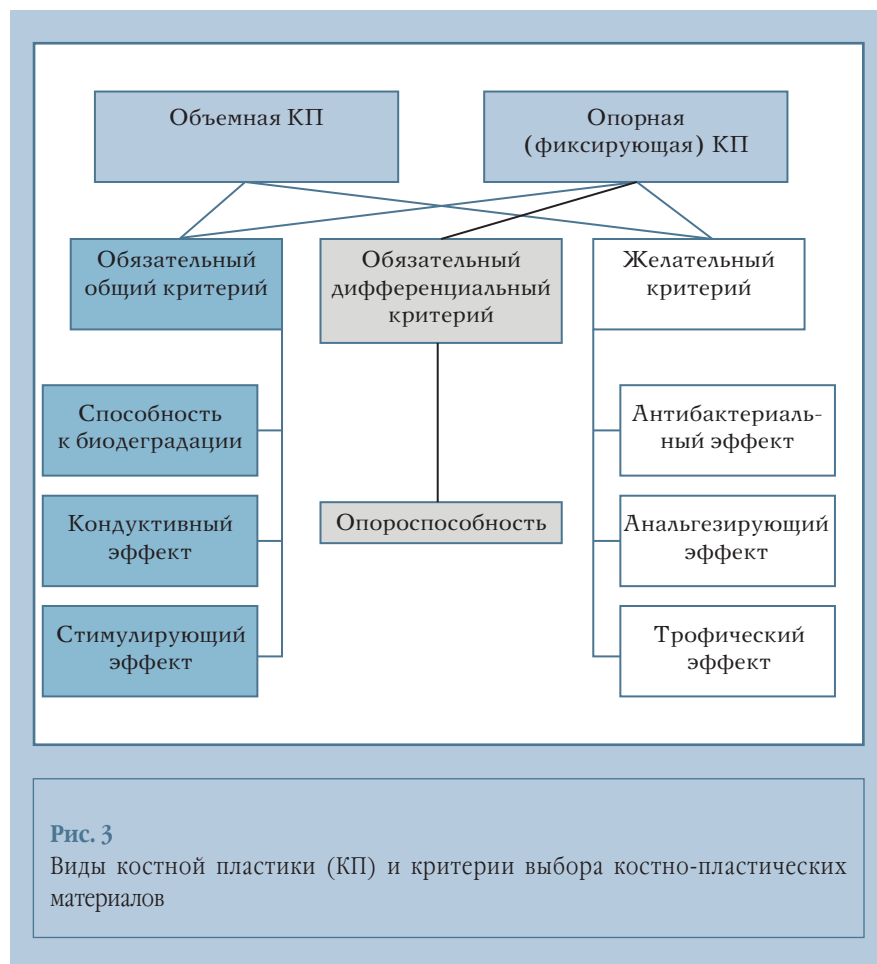
Кроме вышеперечисленных, существуют еще и безусловные критерии, соблюдение которых декларируется санитарными нормами и ГОСТ. Безусловные критерии для материалов имплантируемых внутрь организма человека: инфекционная безопасность (отсутствие серологических реакций на сифилис, гепатит В и С, ВИЧ), стерильность, нетоксичность, целостность и герметичность упаковки, неизменный цвет, отсутствие посторонних включений в упаковке.

Заключение

Варианты видов технологической обработки и размеров аллокости позволяют получать материалы, вовлекающие в процесс репаративной регенерации различные механизмы остеогенеза: остеобластический, остеокондуктивный, остеоиндуктивный, стимулируемый.

Материал, способствующий реализации способности кости к регистуции, должен быть идентичен по химическому составу и архитектонике свойствам кости (в зоне предполагаемой имплантации), моделируем, резорбируем, остеокондуктивен, остеоиндуктивен, замещаем органотипической костной тканью, насыщен лекарственными средствами для доставки их в зону дефекта (антибактериальный или анальгетический эффект).

Критерии выбора костно-пластического материала, в зависимости от вида костной пластики, позволяют осуществлять дифференцированный подход к их использованию в травматологии и ортопедии.



Литература

1. Ардашев И.П., Подорожная В.Т., Кирилова И.А. и др. Передний спондилитез в эксперименте // Хирургия позвоночника. 2008. № 1. С. 66–73. Ardashev I.P., Podorozhnaya V.T., Kirilova I.A. i dr. Peredniy spondilitez v eksperimente // Hirurgiya pozvonochnika. 2008. № 1. S. 66–73.
2. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Алешин Б.В. Гистология. М., 1989. Afanas'ev Yu.I., Yurina N.A., Aleshin B.V. Gistologiya. M., 1989.
3. Берченко Г.Н., Кесян Г.А. Сравнительное экспериментально-морфологическое исследование влияния некоторых используемых в травматолого-ортопедической практике кальцийфосфатных материалов на активизацию репаративного остеогенеза // Бюл. Восточно-Сибирского науч. центра СО РАМН. 2006. № 4. С. 327–332. Berchenko G.N., Kesyan G.A. Sravnitel'noe eksperimental'no-morfologicheskoe issledovanie vliyaniya nekotorykh ispol'zuemykh v travmatologo-ortopedicheskoy praktike kal'tsiyfosfatnykh materialov na aktivizatsiyu reparativnogo osteogeneza // Byul. Vostochno-Sibirskogo nauch. tsentra SO RAMN. 2006. № 4. S. 327–332.
4. Верзен Р. Подготовка деминерализованного костного матрикса к клиническому использованию // Деминерализованный костный трансплантат и его применение. СПб., 1993. С. 4–11. Verzen R. Podgotovka demineralizovannogo kostnogo matriksa k klinicheskomu ispol'zovaniyu // Demineralizovanny kostnyy transplantat i ego primenenie. SPb., 1993. S. 4–11.
5. Волова Л.Т. Аллогенные деминерализованные костные матрицы и регуляция остеогенеза: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1997. Volova L.T. Allogennyye demineralizovannyye kostnyye matriksy i regulatsiya osteogeneza: Avto-ref. dis. ... d-ra med. nauk. M., 1997.
6. Кирилова И.А. Деминерализованный костный трансплантат как стимулятор остеогенеза: современные концепции // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 105–110. Kirilova I.A. Demineralizovanny kostnyy transplantat kak stimulyator osteogeneza: sovremennyye kontseptsii // Hirurgiya pozvonochnika. 2004. № 3. S. 105–110.
7. Кирилова И.А., Подорожная В.Т., Легостаева Е.В. и др. Костно-пластические биоматериалы и их физико-механические свойства // Хирургия позвоночника. 2010. № 1. С. 81–87. Kirilova I.A., Podorozhnaya V.T., Legostaeva E.V. i dr. Kostno-plasticheskie biomaterialy i ih fiziko-mekhanicheskie svoystva // Hirurgiya pozvonochnika. 2010. № 1. S. 81–87.
8. Кирилова И.А., Фомичев Н.Г., Подорожная В.Т. и др. Новые виды материалов для костной пластики в свете современных представлений о костных трансплантатах // Хирургия позвоночника. 2007. № 2. С. 66–70. Kirilova I.A., Fomichev N.G., Podorozhnaya V.T. i dr. Novyye vidy materialov dlya kostnoy plastiki v sverte sovremennykh predstavleniy o kostnykh transplantatah // Hirurgiya pozvonochnika. 2007. № 2. S. 66–70.
9. Климовицкий В.Г., Пастернак В.Н., Оксимер В.М. Возможные пути оптимизации репаративных процессов у пострадавших с переломами длинных костей конечностей (взгляд на проблему) // Ортопед., травматол. и протезир. 2006. № 1. С. 90–99. Klimovitskiy V.G., Pasternak V.N., Oksimer V.M. Vozmozhnyye puti optimizatsii reparativnykh protsessov u postradavshikh s perelomami dlinnykh kostey konechnostey (vzglyad na problemu) // Ortoped., travmatol. i protezir. 2006. № 1. S. 90–99.
10. Клишов А.А., Графова Г.Я., Хилова Ю.К. и др. Клеточно-дифференная организация тканей и проблема заживления ран // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1990. № 4. С. 5–23. Klishov A.A., Grafova G.Ya., Hilova Yu.K. i dr. Kletочно-differonnaya organizatsiya tkaney i problema zazhivleniya ran // Arhiv anatomii, gistologii i embriologii. 1990. № 4. S. 5–23.
11. Корж А.А., Дедух Н.В. Репаративная регенерация кости: современный взгляд на проблему. Стадии регенерации (сообщение 1) // Ортопед., травматол. и протезир. 2006. № 1. С. 77–84. Korzh A.A., Deduh N.V. Reparativnaya regeneratsiya kosti: sovremennyy vzglyad na problemu. Stadii regeneratsii (soobshchenie 1) // Ortoped., travmatol. i protezir. 2006. № 1. S. 77–84.
12. Корж Н.А., Радченко В.А., Кладченко Л.А. и др. Имплантационные материалы и остеогенез. Роль индукции и кондукции в остеогенезе // Ортопед., травматол. и протезир. 2003. № 2. С. 150–157. Korzh N.A., Radchenko V.A., Kladchenko L.A. i dr. Implantatsionnyye materialy i osteogenez. Rol' induktsii i konduksii v osteogeneze // Ortoped., travmatol. i protezir. 2003. № 2. S. 150–157.
13. Лаврищева Г.И. Итоги разработки теоретических вопросов репаративной регенерации опорных органов // Вестн. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. 1996. № 3. С. 58–61. Lavrisheva G.I. Itogi razrabotki teoreticheskikh voprosov reparativnoy regeneratsii opornykh organov // Vestn. travmatol. i ortoped. im. N.N. Priorova. 1996. № 3. S. 58–61.
14. Лекишвили М.В. Технологии изготовления костного пластического материала для применения в восстановительной хирургии: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2005. Lekishvili M.V. Tehnologii izgotovleniya kostnogo plasticheskogo materiala dlya primeneniya v vosstanovitel'noy hirurgii: Dis. ... d-ra med. nauk. M., 2005.
15. Муслимов С.А. Морфологические основы применения аллогенных биоматериалов в регенеративной хирургии. Уфа, 2000. Muslimov S.A. Morfologicheskie osnovy primeneniya allogennykh biomaterialov v regenerativnoy hirurgii. Ufa, 2000.
16. Омеляненко Н.П., Миронов С.П., Денисов-Никольский Ю.И. и др. Современные возможности оптимизации репаративной регенерации костной ткани // Вестн. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. 2002. № 4. С. 85–88. Omel'yanenko N.P., Mironov S.P., Denisov-Nikol'skiy Yu.I. i dr. Sovremennyye vozmozhnosti optimizatsii reparativnoy regeneratsii kostnoy tkani // Vestn. travmatol. i ortoped. im. N.N. Priorova. 2002. № 4. S. 85–88.
17. Островский А.В. Остеопластические материалы в современной пародонтологии и имплантологии // Новое в стоматологии. 1999. № 6 (99). С. 39–52. Ostrovskiy A.V. Osteoplasticheskie materialy v sovremennoy parodontologii i implantologii // Novoe v stomatologii. 1999. № 6 (99). S. 39–52.
18. Рамих Э.А., Подорожная В.Т., Эттейн Ю.В. Способ приготовления костного трансплантата: Авторское свидетельство на изобретение СССР 7124206. 1991. Ramih E.A., Podorozhnaya V.T., Etiteyn Yu.V. Spособ prigotovleniya kostnogo transplantata: Avtorskoe svidetel'stvo na izobretenie SSSR 7124206. 1991.
19. Савельев В.И., Родюкова Е.Н. Трансплантация костной ткани. Новосибирск, 1992. Savel'ev V.I., Rodyukova E.N. Transplantatsiya kostnoy tkani. Novosibirsk, 1992.
20. Саркисов Д.С. Регенерация и ее клиническое значение. М., 1970. Sarkisov D.S. Regeneratsiya i ee klinicheskoe znachenie. M., 1970.
21. Ткаченко С.С. Костная пластика. М., 1970. Tkachenko S.S. Kostnaya plastika. M., 1970.
22. Ткаченко С.С., Руцкий В.В. Электростимуляция остеопарации. Л., 1989. Tkachenko S.S., Rutskiy V.V. Elektrostimulyatsiya osteoparatsii. L., 1989.
23. Фриденштейн А.Я., Лалыкина К.С. Индукция костной ткани и остеогенные клетки-предшественники. М., 1973.

- Fridenshteyn A.Ya., Lalykina K.C. Induktsiya kostnoy tkani i osteogennye kletki-predshestvenniki. M., 1973.
24. **Axhausen G.** Die histologischen und klinischen Gesetze der freien Osteoplastik auf Grund von Tierversuchen // Arch. Klin. Chir. 1909. Vol. 88. P. 23–145.
 25. **Burchardt H.** The biology of bone graft repair // Clin. Orthop. Relat. Res. 1983. N 174. P. 28–42.
 26. **Cohn M.J., Izpisua-Belmonte J.C., Abud H., et al.** Fibroblast growth factors induce additional limb development from the flank of chick embryos // Cell. 1995. Vol. 80. P. 739–746.
 27. **De Long W.G., Einhorn T.A., Koval K., et al.** Bone grafts and bone graft substitutes in orthopaedic trauma surgery. A critical analysis // J. Bone Joint Surg. Am. 2007. Vol. 89. P. 649–658.
 28. **Finkemeier C.G.** Bone-grafting and bone-graft substitutes // J. Bone Joint Surgery. Am. 2002. Vol. 84. P. 454–464.
 29. **Fomichev N.G., Sizikov M.Yu., Korochkin S.B., et al.** First experience in application of deproteinized bone grafts in traumatology and orthopaedics // 12th International Congress of the European Association of Tissue Banking. Brugge, Belgium. 2003. P. 50.
 30. **Glowacki J., Mulliken J.B.** Demineralized bone implants // Clin. Plast. Surg. 1985. Vol. 12. P. 233–241.
 31. **Matthew G.W., Hubble J.W.** Bone grafts // Surg. Technol. Int. 2002. Vol. 10. N 9. P. 261–265.
 32. **Nassery B.A., Vacanti J.P.** Tissue engineering in the 21st century // Surg. Technol. Int. 2002. Vol. 10. P. 25–37.
 33. **Reddi A.H., Anderson W.A.** Collagenous bone matrix-induced endochondral ossification and hemopoiesis // J. Cell. Biol. 1976. Vol. 69. P. 557–572.
 34. **Simmons D.J.** Fracture healing perspectives // Clin. Orthop. Relat. Res. 1985. N 200. P. 100–113.
 35. **Solheim E.** Osteoinduction by demineralised bone // Int. Orthop. 1998. Vol. 22. P. 335–342.

Адрес для переписки:

Кирилова Ирина Анатольевна
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
I.Kirilova@niito.ru

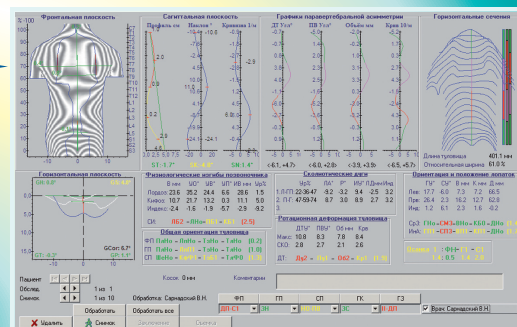
Статья поступила в редакцию 21.12.2010



КОМПЬЮТЕРНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ТОПОГРАФ ТОДП ДИАГНОСТИКА ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА БЕЗ РЕНТГЕНА



Лауреат Международной премии
"ПРОФЕССИЯ – ЖИЗНЬ" в номинации
"За достижения в области науки
и технологии медицины"



Обеспечивает бесконтактное обследование пациентов с восстановлением трехмерной модели поверхности туловища с получением количественных оценок состояния осанки и формы позвоночника в трех плоскостях.

Предназначен для скрининг-диагностики детей и подростков, мониторинга состояния и оценки эффективности лечения больных с патологией позвоночника.

Отличается абсолютной безвредностью, большой пропускной способностью, полной автоматизацией, высокой точностью восстановления рельефа, информативностью и наглядностью, наличием оценки сколиотических дуг топографическим аналогом угла по Cobb.

16 лет клинической практики – более 210 установок ТОДП по России

Медицинское изделие ТОДП выпускается по лицензии Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № 99-03-000002. Сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ79.В02777.

630091, Новосибирск, ул. Крылова, 31, офис 54 ООО "МЕТОС" тел. (383) 325-41-50, <http://www.metos.org>, e-mail: metos.org@gmail.com