НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЛАСТИКЕ ОСТАТОЧНЫХ КОСТНЫХ ПОЛОСТЕЙ

Трушин П.В.¹, Чикинёв Ю.В.¹, Штофин С.Г.¹,
Слизовский Г.В.²

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский
университет» Минздрава России

²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский
университет» Минздрава России, г. Томск

АННОТАЦИЯ

Проведено экспериментальное сравнительное исследование регенеративных процессов костной ткани на животных при заполнении костных полостей гранулами никелида титана и свободной костной пластикой. Показано, что при использовании мелкогранулированного никелида титана по сравнению с костной крошкой наблюдалось ускоренное на 3 мес формирование костного органотипичного регенерата. В клиническое исследование включались 55 пациентов с дистрофическими костными кистами (ДКК), из которых 30 больным проведена оригинальная пластика костных полостей мелкогранулированным никелидом титана. Продemonстрирована клинкорентгенологическая эффективность данных методов лечения в раннем реабилитационном периоде и при отдаленном наблюдении, а также большее количество положительных результатов в сравнении с традиционными методами лечения.

Ключевые слова: дистрофические костные кисты, никелид титана, пластика.

NEW TECHNOLOGIES IN PLASTIC REPAIR OF RESIDUAL BONE CAVITIES

Trushin P.V.¹, Chikinev Yu.V.¹, Shtofin S.G.¹,
Slizovskiy G.V.²

¹Novosibirsk State Medical University

²Siberian State Medical University, Tomsk

ABSTRACT

An experimental comparative study of regenerative processes of bone tissue in animals when filling bone cavities with titanium nickelide granules, and free bone grafting was carried out. It was shown, that when using finely granulated titanium nickelide, in comparison with bone chips, the formation of organotypic regenerate was accelerated by 3 months. The clinical study included 55 patients with dystrophic bone cysts, of which 30 patients underwent original plastic surgery of bone cavities with finely granulated titanium nickelide implant. The clinical and radiological effectiveness of these methods of treatment in the early rehabilitation period and in long-term follow-up, as well as a greater number of favorable results in comparison with traditional methods of treatment was demonstrated.

Keywords: dystrophic bone cysts, titanium nickelide, bone grafting.

Автор, ответственный за переписку

Трушин Павел Викторович: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52.
E-mail: tpv1974@rambler.ru

Corresponding author

Trushin Pavel Viktorovich: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Prospect, Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: tpv1974@rambler.ru

© ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Несомненно, при оперативном лечении заболеваний костно-суставной системы полученный результат во многом зависит от умелости хирурга, а также последующей реабилитации. Однако не меньшее значение для благоприятного исхода имеет и технологическое оснащение. Расширяется ассортимент систем имплантатов, каждая из которых представляет все большее количество моделей с различными формами, поверхностями, материалами. Использование имплантатов, изготавливаемых из никеля и титана, стало но-

вым словом в лечении костных патологий. Их преимуществом является высокая биосовместимость, а также максимальное приближение механических характеристик к свойствам костной ткани [1]. Помимо биоинертности (биохимической совместимости) и близости к костной ткани по физико-механическим показателям, у имплантатов из никелида титана имеется еще целый ряд достоинств. Основные из них — антикоррозионная устойчивость, отсутствие токсичности или канцерогенности, простота стерилизации, возможность обеспечить необходимую по-

ристость структуры, смачиваемость и проницаемость. Отмечена также легкость прорастания живых тканей в поры никелида титана, что обеспечивает формирование непосредственной связи между имплантатом и костью [2–6]. Однако при трансплантации биологических тканей эффективность реконструктивных операций может существенно снижаться по сравнению с ожидаемой вследствие высокой интенсивности их резорбции. Это ведет к рассасыванию трансплантата в организме еще до того, как утраченный или корригированный сегмент кости успеет восстановиться.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести эксперимент и сравнить результаты регенерации костных тканей при традиционной костной пластике и при применении никелида титана у животных (на примере собак). Оценить и проанализировать эффективность использования мелкогранулированного никелида титана при пластике остаточных костных полостей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть

В рамках исследования проведен анализ результатов экспериментального применения на животных (собаках) имплантатов из мелкогранулированного никелида титана. При выполнении эксперимента обеспечено соблюдение норм и требований «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных». В ходе исследования применялась как традиционная методика с заполнением полостей костной крошкой, так и пластика, при которой в костные полости вводился мелкогранулированный никелид титана. Это дало возможность сравнить особенности восстановления костной ткани и оценить эффективность каждого из этих методов.

Экспериментальная группа 1 состояла из 25 собак. У животных в эпифизах большеберцовой кости искусственно создавались полости, в которые затем вводили гранулы никелида титана. Группа 2 насчитывала 10 собак, пластика сформированных полостей у них производилась костной крошкой из подвздошных костей самих животных. Оценка результатов операции после ее выполнения осуществлялась на 1-й, а затем на 3-й месяцы.

Клиническая часть

Для реализации цели исследования проведен анализ применения мелкогранулированного ни-

келида титана для пластики костных полостей у детей, страдающих ДКК. Данное заболевание является актуальным в детском возрасте, это обусловлено многими обстоятельствами: объективными сложностями обследования детей, особенно раннего возраста, отсутствием единых методологических подходов, атипичным течением болезни [4].

Также в рамках исследования наблюдались пациенты с диагнозом ДКК в возрасте от 7 до 16 лет, имеющие показания к проведению оперативного лечения. Наблюдение организовано в отношении 30 детей (18 мальчиков и 12 девочек). В группе наблюдения 30 больным в ходе операции производилась пластика полости кисты с введением мелкогранулированного пористого никелида титана. Группа сравнения состояла из 25 детей с ДКК (13 мальчиков и 12 девочек), лечение которых проводилось по традиционной методике (с заполнением полостей гомо- или аутоотрансплантатом).

Анализ историй болезни позволил установить особенности локализации поражения костей у детей в группе сравнения: у 48 % (12 чел.) патология затрагивала плечевую кость в проксимальном отделе, у 28 % (7 чел.) — бедренную кость, у 24 % (6 чел.) — большеберцовую кость. Патологические переломы костей через зону поражения отмечались у 80 % (20 чел.), а у 20 % (5 чел.) патология давала о себе знать болевым синдромом в зоне расположения кисты. У всех больных с ДКК проводилось лечение общепринятым хирургическим методом, который предполагает сегментарную резекцию участка пораженной кости с замещением ее дефекта под общей анестезией. В качестве имплантата у 19 детей использовался аутоотрансплантат, а у 6 — гомотрансплантат в форме «костной щебенки».

На протяжении послеоперационного периода прооперированные конечности у пациентов фиксировались в физиологическом положении при помощи гипсовой повязки. Только после ее снятия начиналась этапная реабилитация. На протяжении 2–4 мес рекомендовалась дозированная нагрузка в сочетании с разработкой движений в суставах. По истечении 5–6 мес допускалась полная функциональная нагрузка на прооперированную конечность. После окончания процесса биодеградации имплантатов, а также функциональной перестройки кости дети получали возможность заниматься спортом.

Оценка проведенного лечения выполнялась исходя из трех возможных вариантов результатов: хорошие, удовлетворительные и неудо-

влетворительные. К категории хороших результатов относились случаи, в которых наблюдалось формирование биокомпозита и полная перестройка костной ткани. Соответственно, анатомическая структура пораженного участка кости при этом восстанавливалась. В случае когда анатомическая структура кости восстанавливалась, но у пациента обнаруживались остаточные полости, результаты лечения характеризовались как удовлетворительные. При рецидиве болезни результаты считались неудовлетворительными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментальная часть

Оценка состояния экспериментальных животных проводилась на 1-й и 3-й месяцы после того, как проводилась операция. Через месяц рентгенологическое исследование собак из группы 1 показало вкрапления металла в зоне пластики костной полости, была заметна легкая тень ткани, которая соединяла гранулы. Вокруг костных фрагментов в контрольных образцах имелась капсула. Кроме этого, обнаружена рыхлая соединительная ткань между костными фрагментами. При таких условиях на текущем этапе извлечение из полости гранулы связывается с применением значительных усилий, что неизбежно приводит к разрушению костных структур. На подготовленных шлифах большеберцовой кости в рамках микроскопического исследования обнаружены костные клетки, окруженные остеомукоидом, внутри пор никелида титана. При этом в них хорошо контурировались базофильная цитоплазма и ядра (рис. 1).

Рис. 1. Реакция тканей на пористые имплантаты из никелида титана — образование зародышевой костной ткани в порах имплантата из никелида титана. Ув. $\times 300$

При данном обследовании отмечалось присутствие тонких костных балочек, формирующих анастомозы с костными структурами, расположенными в порах никелида титана. Они обволакивают и соединяют металлические гранулы между собой. Кроме этого, балочки образовывали анастомозы и с костной тканью, которая располагалась вокруг полости (рис. 2).

Через 90 дней после хирургического вмешательства проводилось исследование собак, включенных в группу 1. В ходе обследования выявлено, что вокруг гранул никелида титана присутствуют костные балки. С помощью этих трабекул соединялись гранулы металла с материнским ложем. Благодаря микрорентгенограмме шлифов большеберцовой кости можно увидеть появление зрелой костной ткани между металлическими гранулами, в которой четко видны следы взаимодействия остеобластов. На ткани оставались заметными линии склеивания. Возле отдельных костных перекладин располагались остеокласты, а также лакуны Гаупшипта. Миелоидная ткань красного костного мозга заполнила полости между костными трабекулами. В ходе обследования не установлено наличия разделений между возобновленной костной тканью и материнским ложем. Взаимодействие гранул никелида титана и костных балок в ходе процесса регенерации послужило формированию органотипического комплекса (рис. 3), имеющего единый структурный вид.

Через аналогичный промежуток времени проведено обследование собак, включенных в группу 2. При обследовании выявлена регенерация костной ткани балочной структуры. Одно-

Рис. 2. Реакция тканей на пористые имплантаты из никелида титана — соединение и рост зародышевой костной ткани в порах имплантата из никелида титана. Ув. $\times 500$

Рис. 3. Структура пористого никелида титана с образованной в нем костной тканью через 3 мес после имплантации. Ув. $\times 500$

временно с этим происходило разрушение, деградация костных сегментов вследствие активного участия остеокластов в резорбции костной ткани. Также установлено, что материнское ложе никак не контактировало с новой костной тканью. На основе результатов проведенного обследования можно сделать вывод о том, что у животных, включенных в группу 1, зрелая костная ткань возникает намного быстрее. Следовательно, у таких собак намного активнее заполняются полости в патологических костных участках. В связи с тем, что в порах имплантата из никелида титана образуются костные трабекулы, активизируется деятельность остеогенных клеток, что снижает риск рецидива заболевания. Это подтверждает факт того, что чужеродное вещество при поступлении в организм не оказывает прямого биологического эффекта, так как вначале подвергается различным превращениям [6]. Очевидно, что костная ткань формируется под воздействием определенного температурного режима, а также под влиянием металлического имплантата. Все это приводит к трансформации стволовых клеток в остеогенные. Образованная в порах металлического имплантата костная ткань отличается структурой, которая схожа со строением матричной кости.

Заметим, что формирование костной ткани в порах имплантата, а также дальнейшее ее развитие наблюдалось на разных участках. Через 2 мес на восстановленном участке можно выявить губчатую и компактную костную ткань. Что касается грубоволокнистой костной ткани, то она определялась в зонах, максимально удаленно расположенных от реципиентного участка. Через 3 мес после операции внутри имплантата полностью формировалась костная ткань. Спустя некоторое

время значительных изменений в структуре рисунка костной ткани на этих участках не наблюдалось.

Клиническая часть

При лечении пациентов — детей с ДКК с использованием традиционной костной пластики осложнения отсутствовали у всех прооперированных (25 чел.). Наблюдение на протяжении 5 лет показало следующие результаты: у 44 % (11 чел.) отмечена полная костная перестройка структур и закрытие кисты; у 40 % (10 чел.) закрытие костной полости произошло на 1/3, при этом влияние на прочность кости или тенденции к прогрессированию не обнаруживаются; у 16 % (4 чел.) констатирована резорбция материала, вследствие чего возникла необходимость в повторном хирургическом вмешательстве. Использование материалов из гомо- или аутокости у таких детей не дало хороших результатов при лечении ДКК.

Лечение ДКК у детей из группы наблюдения проводилось с использованием в качестве имплантата при заполнении костных полостей пористого мелкогранулированного никелида титана. Проведение оперативного лечения на конечности выполнялось под жгутом. Сперва осуществлялось рассечение надкостницы на всем протяжении. Далее при помощи долота хирург производил краевую резекцию кортикальной пластины. После этого патологическая полость выскабливалась до здоровой кости. Стенки полости обрабатывались костной ложкой. Затем киста заполнялась микрогранулами никелида титана. Необходимый объем имплантата рассчитывается до начала операции и зависит от величины кисты. Среднее его количество составляет около

2–3 см³. По окончании вышеуказанных манипуляций операционная рана ушивалась послойно. После прооперированная конечность фиксировалась при помощи гипсовой повязки. Продолжительность иммобилизации конечности составляла до 1 мес. Курс реабилитации после снятия гипса осуществлялся в соответствии с традиционной методикой.

Рентгенологическое исследование, проводимое в группе с хорошими результатами лечения, подтвердило наличие в кисте биокомпозита «гранулы-кость» по прошествии 6–8 мес после операции. При обследовании в отдаленные сроки, по истечении 1,5–2 лет, на рентгенограммах виден сформированный биокомпозит, при этом остаточные полости отсутствуют.

Оценка в динамике результатов рентгенологического исследования кист, при хирургическом лечении которых использовался никелид титана, позволяет сделать вывод о высоком остеокондуктивном потенциале рассматриваемого материала. В частности, об этом свидетельствует утолщение кортикального слоя кости, а также уменьшение вздутия в области прооперированной патологической полости по прошествии 3–6 мес после хирургического лечения. Осложнений в раннем послеоперационном периоде при лечении ДКК у детей методом, предполагающим использование пористого мелкогранулированного никелида титана, не выявлено.

Имплантат из никелида титана имеет хорошую механическую прочность и способствует стимуляции регенерации костных тканей благодаря остеокондуктивным свойствам. Кроме того, этот материал может с успехом использоваться при заполнении кист, имеющих сложную анатомическую структуру. Соответственно, представляется оправданным использование рассматриваемого нами метода для хирургического лечения дистрофических костных кист у детей в условиях растущего организма. Сравнительный анализ результатов лечения ДКК представлен в таблице.

При сравнении результатов лечения ДКК у детей традиционным методом и методом, предполагающим использование в качестве имплантата никелида титана, получена следующая картина. При использовании традиционного метода у 44 % (11 чел.) отмечен хороший результат лечения, у 40 % (10 чел.) — удовлетворительный, у 16 % (4 чел.) — неудовлетворительный. Детям из группы с неудовлетворительным результатом понадобилось повторное хирургическое вмешательство вследствие резорбции материала, служившего имплантатом. При применении в качестве имплантата никелида титана у 96,6 % (29 чел.) результаты лечения оцениваются как хорошие, у 3,4 % (1 чел.) результат удовлетворительный, неудовлетворительные результаты отсутствуют. Показательным является тот факт, что в случае использования гранул никелида титана на протяжении 6–8 мес после операции отмечалось заполнение полости кисты и формирование биокомпозита. При этом примерно через 1,5 года анатомическая структура кости полностью восстанавливалась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты осуществленных экспериментальных исследований подтвердили перспективность и высокий потенциал пористого мелкогранулированного никелида титана в качестве имплантата, используемого для лечения различных костных патологий. Скорость формирования костного органотипичного регенерата, отмеченная в ходе опытов, при применении этого материала на 3 мес выше, нежели при использовании костной крошки. Заполнение костных полостей биосовместимым пористым никелидом титана в виде микрогранул при хирургическом лечении остаточных костных полостей имеет целый ряд преимуществ. Основными из них являются сравнительная простота методики и меньшая длительность операции, сокращенная продолжительность стационарного и реабилитационного лечения.

Сравнительный анализ лечения дистрофических костных кист

Результаты	Методика хирургического лечения			
	традиционный метод		метод с применением в качестве имплантата гранул никелида титана	
	%	n = 25	%	n = 30
Хорошие	44	11	96,6	29
Удовлетворительные	40	10	3,4	1
Неудовлетворительные	16	4	0	0
Итого	100	25	100	30

При использовании имплантатов из никелида титана наблюдается формирование у пациентов биокомпозита, который обеспечивает сохранение прочности кости. Это предотвращает возникновение у больных патологических переломов. Никелид титана отличается механической прочностью, обладает osteoconductive свойствами и позволяет эффективно заполнять полости, имеющие сложную анатомическую структуру.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iriyanov Yu.M., Chernov V.F., Radchenko S.A., Chernov A.V. Plastic efficiency of different implants used for repair of soft and bone tissue defects // Bull. Exp. Biol. Med. 2013. № 155. P. 518–521. DOI: 10.1007/s10517-013-2191-4.
2. Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине / под ред. проф. В.Э. Гюнтера. Томск: НПП МИЦ, 2014. 342 с.
3. Iryanov Yu.M., Strelkov N.S., Kiryanov N.A., Dyuryagina O.V. Treatment of cavitary bone defects under implantation of the mesh structures made of titanium nickelide // Medical News of North Caucasus. 2017. № 12 (2). С. 152–156. DOI: 10.14300/mnnc.2017.12043.
4. Климовицкий В.Г., Жилицын Е.В., Чугуй Е.В., Илюшенко Ю.К., Алещенко И.Е. Лечение костных кист различной локализации у детей // Травма. 2012. № 13 (3). С. 9–11.
5. Shtofin A.S., Shegolev M.B., Trushin P.V. et al. Application of porous titanium nickelide for treatment of patients with chronic osteomyelitis // Medical News of North Caucasus. 2017. № 12 (3). P. 281–284. DOI: 10.14300/mnnc.2017.12098.
6. Железный П.А., Колыбелкин М.В., Изюмов А.О., Апраксина Е.Ю., Железная А.П. Характеристика одонтогенных и неодонтогенных воспалительных процессов челюстнолицевой области у детей, проходивших лечение в челюстно-лицевом стационаре // JSMS. 2018. № 3. С. 31–39.

Поступила 26.01.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Трушин Павел Викторович — канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной и детской хирургии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Чикинёв Юрий Владимирович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной и детской хирургии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Штофин Сергей Григорьевич — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Слизовский Григорий Владимирович — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой детской хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Томск.

Образец цитирования: Трушин П.В., Чикинёв Ю.В., Штофин С.Г., Слизовский Г.В. Новые технологии в пластике остаточных костных полостей // Сиб. мед. вестн. 2021. № 1. С. 16–21.