

УДК [616.71-001.5-089.227.84:007.52]-092.9

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УДЛИНЕНИЯ КОНЕЧНОСТИ РОБОТИЗИРОВАННЫМ ДИСТРАКТОРОМ (ДОКЛИНИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ)

¹Попков А.В., ¹Попков Д.А., ¹Кононович Н.А., ²Петренко Д.Н., ¹Мингазов Э.Р.

¹ФГБУ «РНЦ ВТО им. академика Г.А. Илизарова Минздрава России, Курган, e-mail: apopkov.46@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», Курган

Проведено доклиническое испытание роботизированного аппарата внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза. Выявили, что оборудование позволяет в течение суток обеспечить необходимый темп и ритм дистракционных усилий при удлинении костей конечностей. Новый автоматический дистрактор использовали при доклиническом испытании на собаке. Животному выполняли удлинение костей голени на 15% (3 см) от исходной длины в условиях комбинирования чрескостного дистракционного остеосинтеза по Илизарову и интрамедуллярного армирования большеберцовой кости спицей с гидроксипатитным покрытием, нанесенным методом МДО. Режим дистракции составлял 3 мм в сутки, по 0,125 мм/ч. В созданных условиях формирование опороспособного новообразованного участка диафиза происходило через 14 суток после прекращения дистракции. В этот период фиксацию аппаратом Илизарова прекращали. В последующем рефрактуры и деформации дистракционного костного регенерата не происходило.

Ключевые слова: автоматический дистрактор, остеогенез, удлинение, имплантат, гидроксипатит, микродуговое оксидирование (МДО)

NEW TECHNOLOGY OF LIMB LENGTHENING USING A ROBOTIC DISTRACTOR (A PRECLINICAL TRIAL)

¹Popkov A.V., ¹Popkov D.A., ¹Kononovich N.A., ²Petrenko D.N., ¹Mingazov E.R.

¹FSBI RISC «RTO» of the RF Ministry of Health, Kurgan, e-mail: apopkov.46@mail.ru;

²FSBEI HPE «The Kurgan State University», Kurgan

The authors performed preclinical testing of the robotic device for external fixation for compression-distraction osteosynthesis. They revealed that for 24 hours the equipment allowed to provide the necessary rate and rhythm of distraction forces when limb bone lengthening. The authors used the new automatic distractor in preclinical testing of the dog. The animal underwent the procedure of leg bone lengthening by 15% (3 cm) of the initial length under combining the transosseous distraction osteosynthesis according to Ilizarov and intramedullary tibial reinforcement using a wire with hydroxyapatite coating sprayed by microarc oxidation (MAO) technique. The distraction mode was 3 mm per day by 0.125 mm/h. Under these conditions the formation of newly formed supporting part of the shaft occurred 14 days after the end of distraction. In this period fixation with the Ilizarov device stopped. There was no refracture and deformity of the distraction regenerated bone subsequently.

Keywords: automatic distractor, osteogenesis, lengthening, implant, hydroxyapatite, microarc oxidation (MAO)

Проблемы реабилитации больных с врожденной патологией костно-мышечной системой, инвалидов с последствиями травм верхних и нижних конечностей продолжают волновать ортопедов во всех странах. Среди пациентов, обращающихся в ортопедические центры, в 80% случаев требуется решать вопросы удлинения конечности или исправления деформаций с одновременной дистракцией костных фрагментов. Среди многочисленных способов удлинения конечности на сегодняшний день методом выбора остается чрескостный дистракционный остеосинтез по Илизарову. Основные принципы, на которых основывается метод Илизарова, включают стабильную фиксацию костных фрагментов, берегательное отношение к остеогенным тканям, хорошее их кровоснабжение, оптимальный темп и ритм дистракции, возможность функциональной

нагрузки на конечность в процессе удлинения [1, 3, 7].

Совершенствуя процесс удлинения конечности, ортопеды в разных странах вплотную подошли к необходимости автоматизировать этот процесс [4, 6]. В ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» экспериментальное обоснование использования и внедрение автоматического варианта удлинения костей конечностей началось с 1981 года и продолжается до настоящего времени [2, 5, 8]. Не смотря на то, что клиническая эффективность используемых автоматических приводов была доказана, были выявлены и некоторые неудобства их применения. Изделие отличалось большими габаритами и значительным весом. Количество подключаемых мотор-редукторов составляло не более четырех, что ограничивало использование автодистрактора при некоторых видах наружных фиксирующих конструк-

ций. Не было функции автоматической коррекции темпа удлинения в зависимости от динамики дистракционных усилий аппарата внешней фиксации. Все это привело к необходимости разработки автоматических дистракторов нового поколения.

Цель данной работы: представить некоторые технические характеристики автодистрактора нового поколения и результаты его использования в сочетании с новой технологией удлинения конечностей в эксперименте.

Материалы и методы исследования

В соответствии с планом научных исследований, в рамках программы НИР Государственного задания на 2015-2017 гг., ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова» подготовил к доклиническим и клиническим испытаниям автоматический дистрактор нового поколения «Роботизированный аппарат внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза», который во многом лишен недостатков предшественника (рис. 1).

Данное устройство мы использовали при экспериментальной апробации новой технологии удлинения конечностей.

Для этого взрослой беспородной собаке в течение 10 суток выполняли удлинение костей голени методом Илизарова в сочетании с армированием большеберцовой кости интрамедуллярной спицей из титана с покрытием гидроксиапатитом по технологии МДО (микродугового оксидирования). В ранее проведенных экспериментах нами уже были получены положительные результаты использования спиц с гидроксиапатитным покрытием нанесенным методом МДО при сращении диафизарных переломов [9].

В выполненном исследовании дистракцию осуществляли в автоматическом режиме с темпом 3 мм в сутки за 120 приемов (скорость дистракции – 0,125 мм/час) при помощи роботизированного аппарата внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза. Величина удлинения

составила 30 мм (15% от исходной длины сегмента). После окончания периода удлинения фиксацию аппаратом Илизарова продолжали до формирования опороспособного новообразованного участка диафиза.

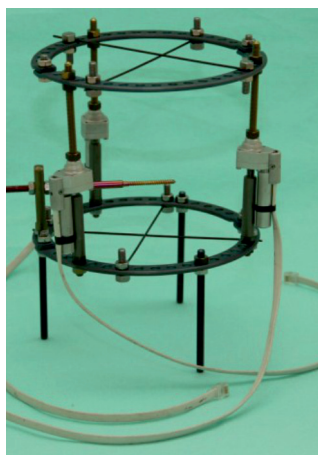
Данное экспериментальное исследование было выполнено в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 1986) и одобрено Комитетом по этике ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова».

Результаты исследования и их обсуждение

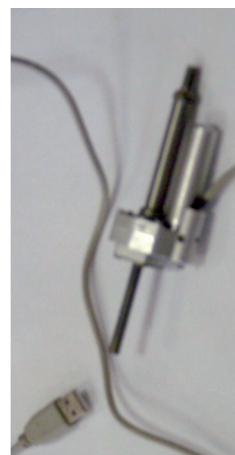
Используемый в данном исследовании «Роботизированный аппарат внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза» включает в себя электронный блок управления (ЭБУ), мотор-редукторы, элементы питания, кабель microUSB – USB 2.0 для подключения к персональному компьютеру и соответствующее программное обеспечение.

Электронный блок управления представляет собой портативное устройство, устанавливаемое на аппарат внешней фиксации. ЭБУ предназначен для автоматического управления вращением электрического мотор-редуктора, входящего в состав дистракционно-компрессионного механизма (далее – автодистрактора), а также контроля положения его исполнительного механизма (штока) по входящему в состав автодистрактора датчику обратной связи.

Вес ЭБУ с элементом питания не превышает 200 г, на корпусе предусмотрена светодиодная индикация режима работы, а также нештатных ситуаций, возникших при работе прибора. Срок службы ЭБУ составляет 5 лет со дня изготовления.



а



б

Рис. 1. Роботизированный дистракционно-компрессионный аппарат на кольцевых опорах Илизарова (а) и отдельный дистракционный узел (б)

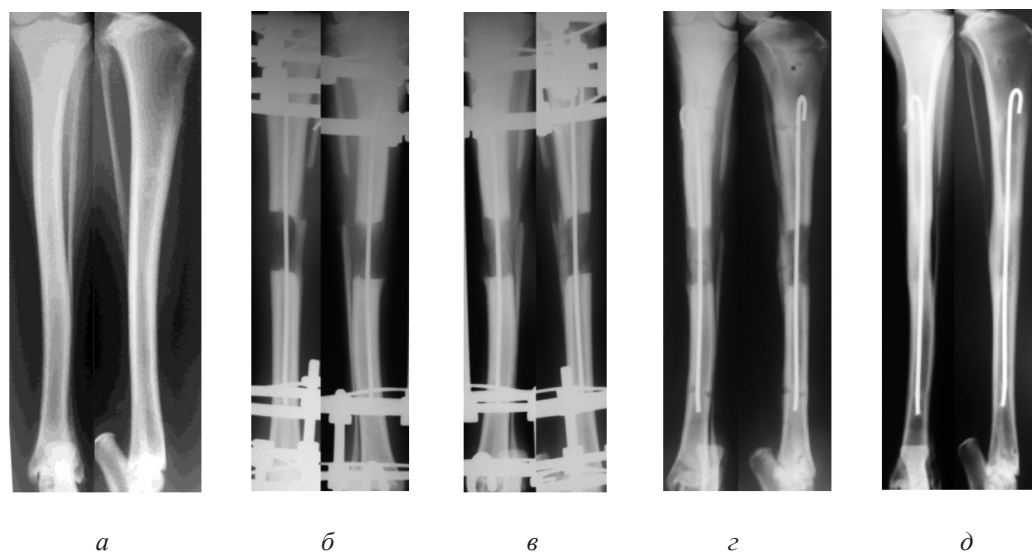


Рис. 2. Рентгенограммы голени (собака № 5464): а – до операции, б – окончание периода дистракции, в – фиксация 10 суток, г – сразу после демонтажа аппарата (фиксация 14 суток), д – три месяца после демонтажа аппарата

Непосредственно процесс удлинения обеспечивается работой мотор-редукторов, электрически связанных с блоком управления, размеры каждого из них составляют 8x2,5 см, весом 100 г.

Максимальное количество подключаемых к ЭБУ мотор-редукторов – 6, что позволяет использовать устройство на аппаратах внешней фиксации разных модификаций (Илизарова, Тейлора, ORTO-SUV).

Режим работы каждого мотор-редуктора – индивидуальный, соответствующий заложенной в ЭБУ программе управления, корректируя темп дистракции в зависимости от динамики дистракционных усилий аппарата внешней фиксации по принципу обратной связи.

Основная задача данного аппарата – обеспечить оптимальный темп и ритм дистракции для репаративной регенерации удлиняемых тканей и формирование полноценной с биомеханической точки зрения кости в наиболее короткие сроки.

Сократить сроки лечения при удлинении конечностей можно как за счет сокращения периода дистракции, так и за счет периода фиксации. Первый период сокращается за счет увеличения скорости дистракции. Действительно, при классическом дистракционном остеосинтезе по Илизарову скорость удлинения (1 мм за 12 часов дневного времени) составляет 0,08 мм/час. При круглосуточном автоматическом удлинении на 1 мм реальная скорость составляет 0,04 мм/час. Следовательно, можно предположить, что увеличив темп и ритм круглосуточной

дистракции при помощи автоматических приводов удастся сократить период удлинения. Так же будут обеспечены достаточные условия для репаративного остеогенеза.

Сократить второй период (период фиксации) можно лишь стимулируя процесс репаративной регенерации и минерализации дистракционного регенерата.

Эти два приема мы использовали в выполненном экспериментальном исследовании.

Применение роботизированного аппарата внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза позволило увеличить темп круглосуточного высокодробного удлинения до 3 мм, соответственно сократить период дистракции в 3 раза по отношению к классическому варианту.

Использование интрамедуллярно введенной спицы с гидроксиапатитным покрытием, нанесенным по технологии МДО, оказало стимулирующий эффект на процесс дистракционного остеогенеза и привело к раннему формированию опороспособного участка диафиза.

У этого животного к окончанию удлинения на рентгенограммах, выполненных в двух стандартных проекциях, наблюдали формирование хорошо выраженных проксимального и дистального костных отделов регенерата. Высота срединной зоны просветления («зоны роста») составляла 6 мм. Визуализировались периостальные компоненты регенерата, отходящие от концов отломков и не объединяющиеся между собой.

В созданных условиях формирование прочного полноценного дистракционно-

го регенерата произошло уже через 14 суток аппаратной фиксации. В этот период на рентгенограммах «зона роста» была представлена отдельными участками просветления. Ее перекрывали высокорентгеноконтрастные трабекулярные тени. При выполнении клинической пробы патологическую подвижность и болезненность в области удлинения не определяли, что в сочетании с результатами рентгенографического исследования, позволило прекратить фиксацию аппаратом.

Через 3 месяца после прекращения фиксации ось сегмента была правильная. В зоне удлинения была сформирована непрерывная корковая пластинка и единый костномозговой канал. Деформации, либо рефрактуры костного регенерата не произошло.

Рентгенограммы, выполненные на разных этапах опыта, представлены на рис. 2.

Следует отметить, что у животного на протяжении всего периода эксперимента общее состояние было удовлетворительное. Не было зарегистрировано отклонений в потреблении корма и воды. Так же не было выявлено каких либо осложнений инфекционного и неврологического характера. Функция смежных суставов и конечности в целом сохранялась.

Заключение

Разработанный «Роботизированный аппарат внешней фиксации для компрессионно-дистракционного остеосинтеза» и принадлежности, входящие в его комплект, позволяют обеспечить необходимый темп и ритм дистракционных усилий при удлинении костей конечностей в условиях его доклинических испытаний. В частности, при непрерывном в течение 10 суток удлинении голени собаки с темпом 3 мм/сутки и скоростью 0,125 мм/ч в условиях сочетания чрескостного дистракционно-го остеосинтеза по Илизарову и интраме-

дулярного армирования большеберцовой кости титановой спицей с гидроксипатитным напылением методом МДО происходит значительное сокращение периода аппаратной фиксации. Опороспособный новообразованный участок диафиза кости, высотой 15 % от исходной длины сегмента, формируется через 2 недели после прекращения периода удлинения.

Список литературы

1. Каплунов О.А. Косметическая коррекция формы и длины ног / О.А. Каплунов, А.Г. Каплунов, В.И. Шевцов. – М.: ГЭОТАР МЕД. – 2010. – 160 с.
2. Попков А.В. Автоматическое удлинение конечностей: проблемы и перспективы / А.В. Попков, Т.Н. Коваленко, И.Л. Смирнова // *Анналы травматологии и ортопедии.* – 1995. – № 2. – С. 67–70.
3. Соколовский О.А. Уравнивание длины нижних конечностей – исторические ракурсы и современные тенденции / О.А. Соколовский, С.Н. Сердюченко, Г.А. Бродко, Г.А. Урьев // *Медицинские новости.* – 2011. – № 7. – С. 11–19.
4. Урьев Г.А. Удлинение верхних и нижних конечностей в режиме автоматической дистракции / Г.А. Урьев, О.А. Соколовский, И.А. Ильясевич, А.В. Заровская // *Развитие травматологии и ортопедии в республике Беларусь на современном этапе: материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Республики Беларусь.* – Минск. – 2008. – С. 224–226.
5. Automatic compression-distraction apparatus / G. A. Ilizarov, A. P. Predein, V. M. Bykov (СССР), № 777,425; Заявл. 18.09.85; Опубл. 07.10.86.
6. Baumgart R. Central wire system – a computerized automatic system for bone transport in combination with an external fixator / R. Baumgart // *5th Meeting of the A.S.A.M.I. International (May 28-30, 2008 St. Petersburg): Program and abstract book.* – Kurgan, 2008. – P. 293.
7. Dinah AF. Predicting duration of Ilizarov frame treatment for tibial lengthening. // *Bone.* – 2004. Vol. 34(5). – P. 845-8.
8. Gorbach E.N. Adaptation capacity of microcirculatory bed of the skin under conditions of high-frequency rate fractionated automated tibial elongation / E.N. Gorbach, N.A. Kononovich // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* – 2013. – T. 155. № 2. – С. 255–259.
9. Popkov A.V. Bone healing by using ilizarov external fixation combined with flexible intramedullary nailing versus ilizarov external fixation alone in the repair of tibial shaft fractures: experimental study / A.V. Popkov, N.A. Kononovich, D.A. Popkov, E.N. Gorbach, Y.M. Irianov, S.I. Tverdokhlebov // *TheScientificWorldJournal [electronic resource].* – 2014. – T. 2014. – С. 239791.