

**ВЛИЯНИЕ ТРАНСФИЗАРНОГО АРМИРОВАНИЯ
БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ
НА РОСТ И РЕАКЦИЮ ТКАНЕЙ ГОЛЕНИ**

© Д. А. Попков, Н. А. Кононович, Р. Б. Шутков

Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»
им. акад. Г. А. Илизарова» МЗ РФ, Курган, Россия
E-mail: n.a.kononovich@mail.ru

У 6 беспородных собак в возрасте 6 месяцев выполняли трансфизарное армирование интактной правой большеберцовой кости тонкими стальными стержнями. Контралатеральный сегмент являлся контролем. Изучали рост и кровоснабжение голени в созданных условиях в течение последующих 6 месяцев. Использовали рентгенографический, физиологические (поверхностная термометрия, фотоплетизмография) и статистические методы исследования. Не было выявлено существенного влияния трансфизарно введенных стержней на рост голени в длину и ее кровоснабжение. В опыте отмечено изменение естественного формирования проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости под влиянием трансфизарных стержней.

Для оценки реакции тканей и степени функциональной активности метаэпифизарных зон костей голени наиболее информативными являются: в ранний период завершения физиологического роста — область медиальной лодыжки, на позднем этапе — область латерального мыщелка большеберцовой кости.

Ключевые слова: большеберцовая кость, трансфизарное армирование, температура, кровоснабжение.

Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 100. № 7. С. 00—00. 2014

*D. A. Popkov, N. A. Kononovich, R. B. Shutov. THE EFFECT OF TIBIAL TRANSPHYSEAL REINFORCEMENT ON THE GROWTH AND RESPONSE OF LEG TISSUES. Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of the RF Ministry of Health (RISC «RTO»). Kurgan, Russia, *e-mail: n.a.kononovich@mail.ru.*

Transphyseal reinforcement of right intact tibia performed with thin steel rods in six mongrel dogs at the age of six months. Contralateral segment served as control. The leg growth and blood supply studied under the created conditions for the next six months. Radiographic, physiologic (surface thermometry, photoplethysmography), and statistical methods used for studying.

The significant effect of transphyseally inserted rods on the leg longitudinal growth and blood supply has not been revealed. The changes in natural shape-formation of tibial proximal and distal meta-epiphyses observed influenced by the transphyseal rods in the experiment. In order to evaluate the tissue response and the degree of the functional activity of leg bone meta-epiphyseal zones the most informative areas considered to be the following: the area of medial malleolus in the ear-

ly period of physiological growth completion, and the area of the tibial lateral condyle — at the late stage.

Key words: growth, tibia, transphyseal reinforcement, temperature, blood supply.

RUSSIAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY. V. 100. N 7. P. 00—00. 2014

Вопросы, связанные с ростом оперируемых сегментов у детей, крайне важны в плане разработки стратегии реконструктивного лечения при сложной ортопедической патологии [13]. Одним из признанных методов является интрамедуллярный эластичный остеосинтез, который применяется как самостоятельно, так и в сочетании с аппаратами внешней фиксации [8, 12, 14]. Интрамедуллярное расположение эластичных стержней, введенных от эпифизов через зоны роста, может увеличивать прочностные свойства по всей длине кости у детей в процессе роста при патологиях скелета, сопровождающихся снижением минерализации и/или образования костного матрикса [4, 5, 16]. Это закономерно приводит к уменьшению риска формирования деформаций и переломов в период роста.

Однако травматизация ростковых зон длинных костей различными имплантатами может вызвать преждевременное их закрытие или нарушение функции. Проведенные экспериментальные исследования показали, что при определенных условиях можно избежать эпифизиодеза при трансфизарном введении тонких эластичных стержней [6]. Мнения авторов о влиянии трансфизарного проведения спиц на функцию ростковых хрящей противоречиво. Например, при лечении переломов у детей J. Ногн и соавт. [7] описывают частичный эпифизиодез и развитие угловой деформации. В свою очередь другие исследователи не находят влияния трансфизарно проведенных спиц на последующий рост оперированной конечности [9, 15]. Таким образом, нет единого мнения о влиянии трансфизарного проведения тонких стержней на последующий продольный рост длинных трубчатых костей.

Известно, что период активного роста скелета характеризуется усиленным кровоснабжением ростковых зон эпифизарного хряща и метафиза, а на этапе окончания роста процессы гиперваскуляризации постепенно затухают [2]. Это несомненно сопровождается изменениями температурной реакции тканей, оценка которой может являться дополнительным критерием определения функциональной активности зон роста в разные возрастные периоды и в разных условиях. Показатели поверхностной температуры на локально расположенных участках являются достаточно информативными, для диагностики и контроля качества проводимых лечебных мероприятий, в частности при ортопедо-травматологических заболеваниях различного генеза [1, 3]. Однако до настоящего времени не проводилось изучения динамики температурной реакции тканей при трансфизарном армировании костей конечностей.

Все вышесказанное определило цель данной работы, которая заключалась в изучении роста и реакции тканей голени при трансфизарном проведении интрамедуллярных изогнутых стальных стержней.

МЕТОДИКА

Эксперименты были выполнены на 6 однопометных беспородных собаках в период завершения роста. Животным в возрасте 6 месяцев выполняли трансфизарное армирование неповрежденных правых большеберцовых костей (опытная конечность). Для этого использовали по два предварительно изогнутых стержня (спицы Киршнера) диаметром 1.8 мм и длиной 10 см. Ра-



Рис. 1. Рентгенограммы большеберцовых костей.

А — остеометрические параметры, *Б* — расположение эластичных стальных стержней в костно-мозговом канале большеберцовой кости.

диус изгиба спиц составлял 40° . Все оперативные вмешательства проводила одна хирургическая бригада.

Наркотизированным животным одну из спиц вводили через проксимальный паратендиозный доступ. Эта спица проводилась антеградно через центр проксимального эпифиза большеберцовой кости. Вторую спицу вводили навстречу предыдущей ретроградно эксцентрично через медиальную лодыжку. С целью предотвращения миграции спиц в костно-мозговой канал в периоде дальнейшего роста проксимальный конец первой спицы и дистальный конец второй спицы загибали U-образно (рис. 1, *Б*).

Каналы, в которых располагались спицы (в метаэпифизах), выполняли путем однократного введения троакара диаметром 3 мм и сразу в требуемом направлении. Длина дублирования спиц в костно-мозговом канале середины диафиза составляла 22.2 ± 4.6 мм. Вершины изгибов спиц были ориентирова-

ны противоположно по отношению друг к другу. Левые большеберцовые кости служили контролем.

Осуществляли рентгенографию обеих голени в прямой и боковой проекции перед операцией и сразу после ее выполнения, далее через 30, 60, 90, 120, 150 и 180 суток после оперативного вмешательства. Использовали рентгеновский аппарат «VER X Technology Premium VET» (Испания).

По рентгенографическим изображениям выполняли остеометрию большеберцовых костей. Измерения производили все авторы работы независимо друг от друга. Регистрировали следующие параметры (рис. 1, А):

— длина большеберцовой кости, измеряемая вдоль механической оси;

— проксимальный медиальный угол большеберцовой кости (mechanical Medial Proximal Tibial Angle, mMPТА), измеряемый между механической осью кости и линией, соединяющей наиболее вогнутые точки мыщелков большеберцовой кости [11];

— дистальный латеральный угол большеберцовой кости (mechanical Lateral Distal Tibial Angle, mLDTA), измеряемый между механической осью и линией вдоль дистального края большеберцовой кости [11].

В эти же периоды на симметричных участках тела области пальцев тазовых конечностей, коленного сустава (латерального и медиального мыщелков большеберцовой кости), а также на латеральных и медиальных лодыжках регистрировали поверхностную температуру тканей. В области пальцев дополнительно выполняли фотоплетизмографию (ФПГ). Полученные результаты позволяли оценить влияние трансфизарно введенных спиц на рост большеберцовой кости в длину, формирование проксимального и дистального метаэпифизов голени, а также отражали особенности температурной реакции тканей и кровоснабжения конечности.

Физиологические исследования выполняли с использованием реографа-полианализатора РГПА-6/12 «РЕАН-ПОЛИ» (НПКФ «МЕДИКОМ-МТД», Россия) и входящих в комплект принадлежностей. В частности, температуру покровных тканей регистрировали непрерывно в течение трех минут с помощью контактного температурного датчика термисторного типа с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления — ДТ-3. Для ФПГ использовали датчик ФПГ-2 (поверхностный). Показания регистрировали в течение 60 с. Оценивали время распространения пульсовой волны (ВРПВ, мс) максимальную скорость быстрого кровенаполнения (МСБКН, Ом/с), среднюю скорость медленного кровенаполнения (ССМКН, Ом/с), дикротический индекс (ДКИ, %), диастолический индекс (ДСИ, %).

В качестве контрольных значений, которые принимали за 100 %, использовали результаты, полученные при обследовании контралатеральных сегментов на разных этапах эксперимента и 5 интактных животных соответствующего возраста.

Количественные значения подвергали статистической обработке с использованием программы «AtteStat 13.1» (Россия). Анализ данных проводили методами описательной статистики (среднее значение, стандартное отклонение). Нормальность распределения выборок определяли с помощью критерия Шапиро—Уилка. Результаты исследований обрабатывали методами параметрической (критерий Стьюдента для независимых и парных выборок) и непараметрической статистики (критерий Вилкоксона для независимых выборок, парный критерий Вилкоксона). Различия показателей считали достоверными при $p \leq 0.05$.

Физиологические исследования проводили в утренние часы перед первым кормлением. Температура воздуха в помещении составляла 27.7 ± 0.1 °С.

Для исключения влияния особенностей индивидуального темперамента перед проведением физиологических исследований всем собакам выполняли премедикацию общепринятыми фармакологическими веществами. Животных укладывали на столе в боковом положении, показания снимали с участков, освобожденных от шерстного покрова.

Эксперименты выполнены в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» и были одобрены Комитетом по этике ФГБУ «РНИЦ „ВТО”» им. акад. Г. А. Илизарова».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При клинической оценке состояния оперированной (опытной) конечности на протяжении эксперимента не было выявлено осложнений неврологического и инфекционного характера.

При выполнении остеометрических исследований разница в измерениях изучаемых показателей между исследователями не превышала 2.5 %, что позволяет подтвердить воспроизводимость и точность измерений. Перед оперативным вмешательством у всех животных определяли анатомическое соответствие костей правой голени одноименному левому сегменту. Это характеризовалось отсутствием достоверных различий между полученными количественными данными. Длина большеберцовых костей непосредственно перед оперативным вмешательством в среднем составляла 13.9 ± 3.8 см, угол mMPTA $91.2 \pm 2.7^\circ$, угол mLDTA $85.6 \pm 2.7^\circ$.

На каждом этапе эксперимента не было выявлено достоверных отличий длины большеберцовых костей между собой. Несмотря на отсутствие статистической разницы, рост контрольного сегмента был больше по сравнению с опытным (рис. 2). Минимальные различия величины прироста определяли к 90-м суткам (до 0.32 мм), максимальные — в периоды 120/150-х суток эксперимента (до 0.84/0.7 мм).

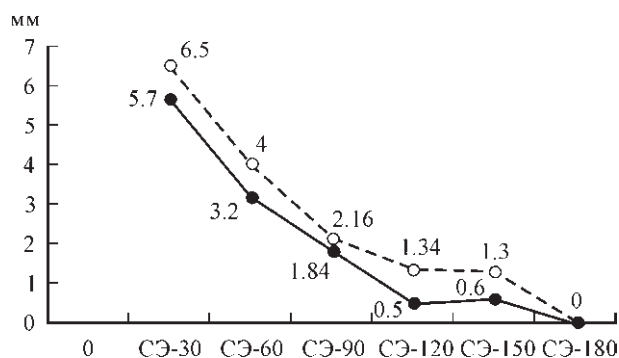


Рис. 2. Динамика увеличения роста большеберцовой кости собаки в возрасте от 6 до 12 месяцев в условиях трансфизарного эластичного армирования.

Опыт — сплошная линия; контроль — пунктирная линия; 0 — перед оперативным вмешательством, биологический возраст животного 6 месяцев; СЭ-30 — срок эксперимента 30 суток, биологический возраст животного 7 месяцев; СЭ-60 — срок эксперимента 60 суток, биологический возраст животного 8 месяцев; СЭ-90 — срок эксперимента 90 суток, биологический возраст животного 9 месяцев; СЭ-120 — срок эксперимента 120 суток, биологический возраст животного 10 месяцев; СЭ-150 — срок эксперимента 150 суток, биологический возраст животного 11 месяцев; СЭ-180 — срок эксперимента 180 суток, биологический возраст животного 12 месяцев.

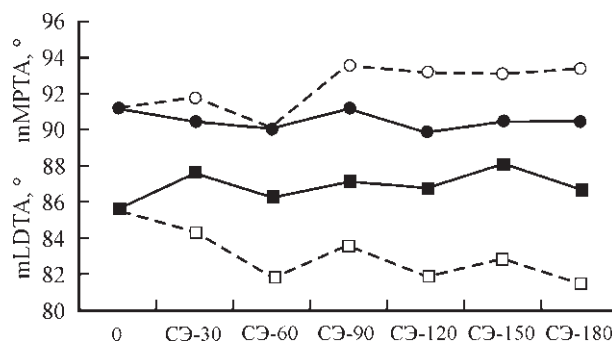


Рис. 3. Динамика изменения проксимального медиального и дистального латерального угла большеберцовой кости в условиях трансфизарного эластичного армирования.

Круглый маркер — проксимальный медиальный угол большеберцовой кости, квадратный маркер — дистальный латеральный угол большеберцовой кости. Остальные обозначения те же, что и на рис. 2.

Наибольшее увеличение роста правых и левых сегментов в длину было зарегистрировано в течение первого месяца эксперимента (биологический возраст животных 7 месяцев), что составило 4.1 (опыт) и 4.7 % (контроль) от дооперационной величины. В последующем прирост большеберцовых костей постепенно уменьшался и останавливался через 5 месяцев опыта. В этот период биологический возраст животных соответствовал 11 месяцам. К окончанию эксперимента длина опытной большеберцовой кости составляла в среднем 15.1 ± 3.1 см, контрольной — 15.3 ± 3.8 см.

На разных этапах эксперимента при остеометрии опытного сегмента не было выявлено достоверных отличий значений mMPTA и mLDTA по сравнению с дооперационным уровнем (рис. 3).

Со стороны контрольного сегмента параметр mMPTA через 30 суток эксперимента незначительно увеличивался (до 91.8°), а к 60-м суткам понижался (до 90.1°). Однако эти изменения не имели достоверных отличий от дооперационных значений и интактной возрастной нормы. К 90-м суткам регистрировали статистически достоверное увеличение mMPTA по отношению к предыдущему периоду обследования в среднем на $3.5 \pm 1.8^\circ$. В последующем до окончания эксперимента значения этого параметра сохранялись на достигнутом уровне ($93.4 \pm 2.3^\circ$).

Первые достоверные изменения параметра mLDTA (рис. 3) контрольного и интактных сегментов определяли через 60 суток опыта, что характеризовалось его уменьшением на $3.8 \pm 1.4^\circ$ по отношению к дооперационному уровню и данным, полученным при обследовании симметричных участков опытного сегмента. В последующие сроки эксперимента этот параметр сохранялся достоверно пониженным и достигал наименьших значений к окончанию эксперимента ($81.5 \pm 2.1^\circ$).

При изучении реакции тканей в созданных условиях определили, что в области лодыжек правой и левой конечностей показатели температуры изменялись от 32.4 до 34.2°C при этом на симметрично расположенных участках в периоды 30, 90, 120, 150 и 180 суток эксперимента достоверных отличий между собой и интактной нормой не имели. Значимые изменения наблюдали лишь через 60 суток опыта. В этот период в области медиальной лодыжки опытной конечности температура была достоверно ниже на 1.2°C ($p = 0018$), латеральной лодыжки — на 0.6°C ($p = 0.07$) по сравнению с контрольным сегментом (рис. 4).

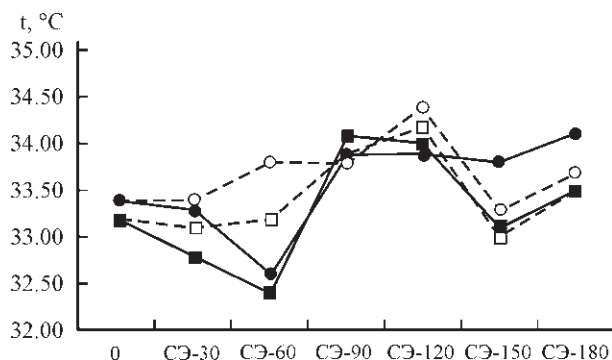


Рис. 4. Динамика изменения температуры тканей в области латеральной и медиальной лодыжки в условиях трансфизарного эластичного армирования большеберцовой кости.

Квадратный маркер — латеральная поверхность; круглый маркер — медиальная поверхность. Остальные обозначения, те же, что и на рис. 2.

В области коленных суставов (рис. 5) в периоды 30, 60 и 90 суток эксперимента температурные значения на симметричных областях достоверно между собой не отличались. Их значения варьировали с латеральной поверхности от 33.5С до 35.5 °С, с медиальной поверхности — от 34.1 до 36.2 °С.

Через 120 суток эксперимента температура тканей левого коленного сустава и медиальной поверхности правого по сравнению с предыдущим периодом обследования и интактными значениями достоверно не изменялась. В этот период с латеральной стороны оперированного сегмента регистрировали ее уменьшение на 1.3 °С ($p = 0.015$) по отношению к симметричной области.

К 150-м суткам определяли достоверное понижение термальных значений покровных тканей области обоих коленных суставов по сравнению с предыдущим периодом обследования, что составило в среднем 1.4 ± 0.4 °С (минимально — на 0.9 °С; максимально — на 1.76 °С). При этом с медиальной поверхности обеих конечностей показатели между собой достоверных отличий не имели. Латерально справа температура сохранялась достоверно пониженной в сравнении с симметричным участком контрольного сегмента. Разница этих значений составляла 1.14 °С ($p = 0.039$).

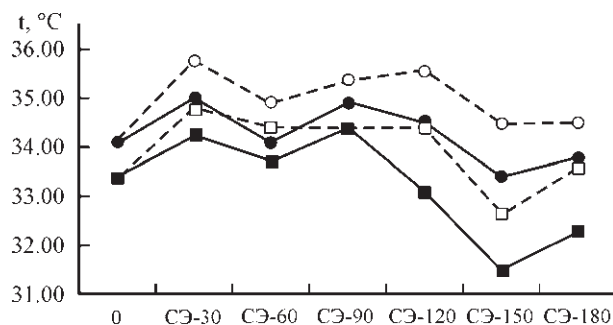


Рис. 5. Динамика изменения температуры тканей в области латерального и медиального мышечка большеберцовой кости в условиях трансфизарного эластичного армирования большеберцовой кости.

Обозначения те же, что и на рис. 4.

К окончанию эксперимента отмечали повышение изучаемого параметра справа и слева на 0.2—1.16 °С. Аналогично предыдущему сроку обследования температурные значения медиально расположенных участков достоверных отличий между собой не имели. С латеральной поверхности опытного сегмента температура была понижена (на 1.5 °С, $p = 0.015$).

На протяжении эксперимента значения температуры кожи пальцев на обеих тазовых конечностях изменялись одинаково в сторону уменьшения либо увеличения и статистически достоверно между собой, дооперационным уровнем, а также возрастной нормой не отличались. Их значения варьировали от 28.1 до 29.8 °С (28.9 ± 1.3). Разница между этими показателями справа и слева в каждый отдельный период обследования не превышала 0.6 °С (рис. 4).

По данным ФПГ, исследования в области пальцев опытной конечности параметры ВРПВ и ДКИ на протяжении эксперимента варьировали в диапазоне нормальных значений, указывая на сохранение функциональных свойств магистральных сосудов и артериол. В 50 % случаев вязкоупругие свойства сосудов крупного, среднего калибра и венозный отток не изменялись. У остальных животных через 30 суток эксперимента тонус артерий был увеличен (МСБКН и ССМКН выше нормы в 5.5 раза). При нормальном состоянии артериол венозный отток усиливался (ДСИ меньше нормы на 20.6 %). Параметры МСБКН и ССМКН к 60 суткам снижались по сравнению с предыдущим периодом обследования на 50 %, но еще достоверно превышали норму ($p = 0.04$). Нормализация вязкоупругих свойств артерий и венозного оттока происходила к 90-м суткам опыта. Достигнутое состояние сохранялось без изменений до окончания эксперимента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенного исследования были определены некоторые особенности роста костей голени у собак в возрасте от 6 месяцев и старше в норме и в условиях трансфизарного армирования большеберцовой кости стальными стержнями.

При выполнении данного эксперимента не было выявлено достоверного влияния трансфизарного армирования неповрежденной большеберцовой кости на ее рост в длину: величина потери длины армированной кости составила в среднем 2 мм в возрастном периоде 6—12 месяцев.

Вместе с тем определили воздействие трансфизарно расположенных стержней на формирование проксимального и дистального метаэпифизов костей голени. У опытной конечности стержни препятствовали формированию их естественного углового наклона, о чем свидетельствовало отсутствие достоверной разницы дооперационных значений $mMPTA$ и $mLDTA$ с данными, полученными на разных этапах эксперимента в этой группе.

При оценке аналогичных параметров контрольного и интактных сегментов были выявлены некоторые достоверные различия с опытом и дооперационным периодом. Первые изменения регистрировали через 60 суток эксперимента, что характеризовалось уменьшением $mLDTA$. Это, вероятно, было связано с особенностью физиологического роста дистального метаэпифиза у собак в возрасте от 7 до 8 месяцев. К этому сроку в опыте, по нашему мнению, активность дистальной зоны роста замедлялась, что и проявлялось в комплексе с отсутствием изменений угла наклона $mLDTA$, понижением температуры тканей области лодыжек.

У обследуемых собак рост проксимального метаэпифиза продолжался до 9 месяцев (90 суток эксперимента). В этот период в контроле достоверно увеличивался mMPГА. Была зарегистрирована наибольшая, хотя и не достоверная, разница между длиной большеберцовой кости левого и правого сегментов.

Можно предположить, что к 11 месяцам (150 суток опыта) рост костей голени завершался, так как в последующем не происходило достоверных изменений изучаемых остеометрических показателей (длина, mMPГА, mLDТА). В связи с прекращением роста в длину и формообразованием проксимальных метафизов температура тканей в области коленных суставов понижалась (достоверно с латеральной поверхности опытной конечности).

Нами не было выявлено негативного влияния трансфизарного армирования большеберцовой кости на кровоснабжение голени в целом. Об этом косвенно свидетельствовало отсутствие достоверной разницы значений температуры пальцев опытного и контрольного сегментов на разных этапах эксперимента.

При стабильном упругом трансфизарном армировании костей конечностей некоторые исследователи отмечали усиление кровообращения [10]. Мы также в ряде случаев регистрировали увеличение притока крови к пальцам в результате повышения тонуса сосудов крупного и среднего калибров, что расценивали как непродолжительную адаптационную реакцию, которая компенсировалась достаточным венозным оттоком.

Таким образом, можно сделать предположение, что у животных в периоде завершения роста (после 6 месяцев) трансфизарное армирование неповрежденной большеберцовой кости не влияет на рост сегмента в длину и кровоснабжение голени, однако препятствует естественному процессу формообразования проксимального и дистального метаэпифизов берцовых костей. При этом рост дистального отдела завершается раньше по сравнению с проксимальным. Возможно, подобные изменения будут сильнее выражены при выполнении аналогичных исследований на животных меньшего возраста, когда период нахождения трансфизарных стержней будет более продолжительным.

В плане оценки реакции тканей и степени функциональной активности метаэпифизарных зон, в частности при трансфизарном эластичном армировании большеберцовой кости, наиболее информативными являются: в ранний период завершения физиологического роста — область медиальной лодыжки, на позднем этапе — область латерального мыщелка большеберцовой кости.

Полученные нами результаты влияния трансфизарного армирования на продольный рост большеберцовой кости, формирование суставных концов, кровоснабжение конечности показывают необходимость учета влияния данного типа остеосинтеза, включая топографию расположения имплантатов, при разработке новых и усовершенствовании известных подходов в профилактике и лечении детей как с костной травмой, так и с системными заболеваниями скелета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Блинков С. В., Колесов С. Н., Кудыкин М. Н., Мальшев Е. Е., Муравина Н. Л., Мальшев Е. С. Ранняя диагностика посттравматического остеоартроза коленного сустава после оперативного лечения переломов мыщелков большеберцовой кости. *Новости хирургии*. 20(2) : 64—73. 2012.

[2] Соков Л. П., Соков С. Л. Постфрактурные адаптационно-перестроенческие процессы костной ткани в периоде роста. М. РУДН. 2011.

- [3] Ютовец Ю. Г., Бабоша В. А., Шпаченко Н. Н. Цифровая контактная термометрия — метод диагностики и оценки результатов специфического лечения в костной онкологии. Травма. 10. (1) : 67—71. 2009.
- [4] Boutaud B., Laville J. M. Elastic sliding central medullary nailing with osteogenesis imperfecta. Fourteen cases at eight years follow-up. Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot. 90 (4) : 304—311. 2004.
- [5] Cohen J. Intramedullary nailing for the treatment of unicameral bone cysts. J. Bone Joint. Surg. Am. 83-A(8) : 1279—1280. 2001.
- [6] Fischerauer S., Kraus T., Wu X., Tandl S., Sorantin E., Hanzi A. C., Loffler J. F., Uggo-witzer P. J., Weinberg A. M. In vivo degradation performance of micro-arc-oxidized implants: a micro-CT study in rats. Acta Biomater. 9(2) : 5411—5420. 2013.
- [7] Horn J., Kristiansen L. P., Steen H. Partial physeal arrest after temporary transphyseal pinning. A case report. Acta Orthop. 79(6) : 867—869. 2008.
- [8] Knorr P., Schmittenbecher P. P., Dietz H. G. Treatment of pathological fractures of long tubular bones in childhood using elastic stable intramedullary nailing. Unfallchirurg. 99(6) : 410—414. 1996.
- [9] Langenhan R., Baumann M., Hohendorff B., Probst A., Trobisch P. Arthroscopically as-sisted reduction and internal fixation of a femoral anterior cruciate ligament osteochondral avulsi-on fracture in a 14-year-old girl via transphyseal inside-out technique. Strategies Trauma Limb. Reconstr. 8 (3) : 193—197. 2013.
- [10] Lascombes P. Flexible intramedullary nailing in children. Berlin, Heidenberg. Springer—Verlag. 2010.
- [11] Paley D., Pfeil J. Principles of deformity correction around the knee. Orthopade. 29 (1) : 18—38. 2000.
- [12] Popkov D., Journeau P., Popkov A., Haumont T., Lascombes P. Ollier's disease limb len-gthening: should intramedullary nailing be combined with circular external fixation? Orthop. Traumatol. Surg. Res. 96 (4) : 348—353. 2010.
- [13] Popkov D., Journeau P., Popkov A., Pedetour B., Haumont T., Lascombes P. Analysis of segmental residual growth after progressive bone lengthening in congenital lower limb deformity. Orthop. Traumatol. Surg. Res. 98 (6) : 621—628. 2012.
- [14] Popkov D., Popkov A., Haumont Th., Journeau P., Lascombes P. Flexible intramedullary nail use in limb lengthening. J. Pediatr. Orthop. 30 (8) : 910—918. 2010.
- [15] Yung P. S., Lam C. Y., Ng B. K., Lam T. P., Cheng J. C. Percutaneous transphyseal intra-medullary Kirschner wire pinning: a safe and effective procedure for treatment of displaced diap-hyseal forearm fracture in children. J. Pediatr. Orthop. 24 (1) : 7—12. 2004.
- [16] Zeitlin L., Fassier F., Glorieux F. H. Modern approach to children with osteogenesis im-perfect. J. Pediatr. Orthop. 12 (2) : 77—87. 2003.

Поступила 22 V 2014