

## Экспериментальное обоснование комбинированного distraction остеосинтеза на костной пластине и аппаратом Илизарова

М.А. Степанов, Н.И. Антонов, Д.Ю. Борзунов

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

### Experimental rationale of combined distraction osteosynthesis using an internal plate and the Ilizarov fixator

M.A. Stepanov, N.I. Antonov, D.Iu. Borzunov

FSBI Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics of the RF Ministry of Health, Kurgan

**Введение.** При удлинении конечностей снижение показателя индекса внешнего остеосинтеза, особенно у детей, является актуальной проблемой в современной ортопедии. Использование интрамедуллярных штифтов в детской ортопедии противопоказано из-за открытых зон роста, применение интрамедуллярных спиц сокращает сроки нахождения пациента с наложенным на конечность аппаратом, но индекс остеосинтеза еще достаточно велик. **Цель.** Проанализировать результаты использования комбинации аппарата Илизарова и костной пластины оригинальной конструкции для удлинения костей голени в эксперименте. **Материал и методы.** Проведено удлинение голени у 6 экспериментальных собак с использованием аппарата Илизарова и костной пластины. Удлинение осуществлялось в ручном режиме с темпом 1 мм в сутки за 4 приема на 14-16 % от исходной длины сегмента. **Результаты.** У всех животных достигнута запланированная величина удлинения. Использование костной пластины позволило снимать аппарат в день окончания distraction. Индекс внешнего остеосинтеза составил  $12,7 \pm 0,7$  дн./см. Регенерат был нормопластического типа, в большинстве случаев через 30 суток фиксации приобретал гомогенную структуру. Из осложнений наблюдалась резорбция одного из шурупов, фиксирующих пластину, с наличием воспаления мягких тканей, которое не повлияло на результат эксперимента. **Заключение.** Комбинированное применение костной пластины и аппарата Илизарова позволило до минимума снизить показатели индекса остеосинтеза и профилактировать осложнения, связанные с переломом или деформацией регенерата после снятия аппарата.

**Ключевые слова:** комбинированное удлинение голени, костная пластина, аппарат Илизарова, собаки, эксперимент

**Introduction** The decrease in the external osteosynthesis index during limb lengthening is a relevant problem to solve by the current orthopaedics, especially in regard to children. Intramedullary rods in pediatric orthopaedics are contraindicated due to open growth plates. The use of intramedullary wires reduces the period with the fixator on the patient's limb but the index of osteosynthesis remains rather high. **Purpose** To analyze the results of the combined use of the Ilizarov fixator and an internal plate of an original design for experimental tibial lengthening. **Material and Methods** Leg lengthening was performed in 6 experimental dogs using the Ilizarov fixator and plating. The procedure of segmental lengthening by 14-16 % from the initial length was performed in the manual mode with the rate of 1 mm per day produced with 4 steps. **Results** The planned amount of lengthening was achieved in all the animals. The use of plating enabled to remove the fixator on the day of distraction completion. The index of external osteosynthesis was  $12.7 \pm 0.7$  day/cm. The regenerated bone was of normoplastic type. It acquired a homogenous structure after 30 days of fixation in the majority of cases. As for the complications, the resorption round one of the screws that fixed the plate was observed along with soft tissue inflammation but it did not affect the experiment results. **Conclusion** The combined use of plating and the Ilizarov fixator decreased the external osteosynthesis index and prevented the complications related to regenerated bone fracture or deformity after the fixator removal. **Keywords:** combined leg lengthening, internal plate, the Ilizarov fixator, dogs, experiment

## ВВЕДЕНИЕ

Современные требования к качеству оказания медицинской помощи и комфортности лечения диктуют свои приоритеты, наиболее важными из которых являются качество жизни пациента и сокращение сроков стационарного лечения. В рамках совершенствования метода Г.А. Илизарова одним из перспективных направлений научных исследований, ориентированных на внедрение в клиническую практику, является обеспечение комфортных условий для пациентов на всем этапе аппаратной фиксации, что обеспечивается комбинированным или последовательным использованием различных вариантов остеосинтеза и способов фиксации отломков [1]. В 90-х годах 20 века появились сообщения об успешном комбинированном использовании интрамедуллярного штифта и аппарата внешней фиксации. Данная комбинация позволила хирургам

существенно сократить индекс внешней фиксации, повысить качество жизни пациентов во время лечения и ускорить процесс реабилитации [9, 14]. Данная технология базировалась на экспериментальном исследовании [3]. Однако при использовании штифта нарушается интрамедуллярное кровоснабжение кости, имеется риск возникновения остеомиелита. Существуют публикации о более щадящей комбинации фиксации костных отломков – интрамедуллярные спицы и аппарат внешней фиксации [2, 5].

В последние годы появились сообщения о применении костной пластины и аппарата внешней фиксации для удлинения костей конечностей. Цель данной комбинации, как и при использовании интрамедуллярного штифта – сокращение периода нахождения пациента в аппарате и уменьшение частоты осложнений [6,

☞ Степанов М.А., Антонов Н.И., Борзунов Д.Ю. Экспериментальное обоснование комбинированного distraction остеосинтеза на костной пластине и аппаратом Илизарова // Гений ортопедии. 2016. № 4. С. 71-75. DOI 10.18019/1028-4427-2016-4-71-75.

10, 13]. Применение данной методики предпочтительно у детей с открытыми зонами роста, при нецелесообразности имплантации интрамедуллярного штифта в костномозговой канал через ростковые зоны [7, 8, 12]. Для фиксации удлиненного костного сегмента авторы использовали обычные пластины, которые имплантировали после завершения удлинения, в результате исследователи получили сокращение продолжительности периода внешней фиксации [10, 11]. Принимая во внимание литературные данные, очевидно, что комбинированное использование накостной пластины и аппарата внешней фиксации является перспективным

направлением. Вместе с тем, учитывая отсутствие оригинальных пластин для удлинения конечностей, скудность принятой во внимание информации, немногочисленность клинических наблюдений необходимы углубленные доклинические исследования и разработка специальной пластины для комбинированного остеосинтеза.

**Цель исследования:** разработать перспективный для последующего клинического внедрения дизайн модели комбинированного остеосинтеза для удлинения конечности с применением аппарата Илизарова и накостной пластины оригинальной конструкции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на 6 экспериментальных животных – беспородных собаках в возрасте от 1 года до 5 лет, которым производили удлинение голени на 14-16 % с использованием аппарата Илизарова и накостной пластины собственного изготовления (оригинального дизайна). Пластина предназначалась для удержания отломков кости в правильном положении в процессе дистракции и после демонтажа аппарата при завершении удлинения. Материал для пластины и ее размеры подбирали эмпирически. Содержание, оперативные вмешательства и эвтаназию проводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ № 755 МЗ СССР от 12.08.1977 г.). На проведение эксперимента было получено разрешение этического комитета ФГБУ «РНЦ «ВТО» имени акад. Г.А. Илизарова».

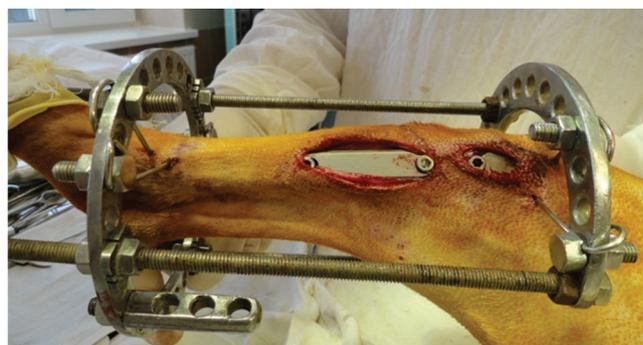
Пластина изготовлена из титанового сплава, что позволило уменьшить ее массу с сохранением прочностных характеристик. Ширина ее соответствовала диаметру большеберцовой кости собаки. Пластина имела волнообразную изогнутость, повторяющую анатомическую кривизну большеберцовой кости, что позволяло добиться адекватного контакта пластины с ней. Надежный контакт пластины с отломками улучшал жесткость фиксации, уменьшал риск нестабильности остеосинтеза и, как следствие - замедленной консолидации и несращения.

Животным в условиях операционной под общим наркозом выполняли чрескостный остеосинтез костей правой голени аппаратом Илизарова из 2-х опор. Чрескостные фиксаторы (спицы) располагали на уровне проксимального и дистального метафиза большеберцовой кости. На границе средней и верхней трети голени осуществляли остеотомию берцовых костей. Через

небольшой дополнительный разрез мягких тканей с медиальной поверхности сегмента на уровне проксимального метафиза устанавливали накостную пластину оригинальной конструкции на диафиз большеберцовой кости, предварительно отслоив мягкие ткани от кости. Конструкцию располагали от верхней до нижней трети голени, без контакта со спицами аппарата Илизарова. К проксимальному отломку большеберцовой кости пластину крепили при помощи 3-х винтов, а к дистальному ее фиксировали при помощи винта, проведенного только через верхнюю часть паза. Винт в пазе плотно к пластине не притягивали, чтобы он имел возможность скользить по пазу во время дистракции (рис. 1). Формирующийся регенерат располагался на уровне сплошной части пластины, что препятствовало возникновению деформаций на уровне регенерата после снятия аппарата. После завершения удлинения в условиях операционной через небольшие разрезы – проколы производили блокировку пластины с окончательной фиксацией пластины к дистальному отломку кости. Для этого полностью затягивали винт, находящийся в пазу пластины, и дополнительно вкручивали два винта – один через верхнюю часть паза, а другой – через дополнительное отверстие в нижней части пластины. Аппарат Илизарова снимали в тот же день. Животных выводили из опыта передозировкой тиопентала натрия через 30 суток фиксации пластиной. В работе использованы клинический, рентгенологический, анатомический и статистический методы исследования. Статистические исследования проводились с использованием программы Microsoft Excel 2016. Для описательной статистики были определены средние значения показателей и их средняя ошибка.



а



б

Рис. 1. Этапы операции: а – наложение пластины; б – фиксация пластины к кости

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рентгенологически после операции ось большеберцовой кости была правильной, смещений по ширине не наблюдали (рис. 2). Послеоперационный период у животных протекал без осложнений. В течение 5-7 суток у собак на голени наблюдали отек мягких тканей величиной 1-1,5 см без четких границ. К началу distraction отеки спадали.

Distraction начинали на 7 сутки после операции с темпом 1 мм в сутки за 4 приема и продолжали в течение 21-28 суток в зависимости от длины голени. Животные в течение всего срока эксперимента активно пользовались оперированной конечностью (рис. 3). Первые признаки регенерации рентгенологически наблюдали на 14 сутки distraction. Регенерат имел типичное строение в виде продольных тяжей, тянущихся из проксимального и дис-

тального отломков (рис. 4). Ось кости была правильная, смещения отломков не наблюдали.

К концу distraction (21-28 суток) рентгенологически во всех наблюдениях ось кости была правильной. Костные регенераты имели продольно исчерченную структуру, протяженность их составляла  $12 \pm 1,2$  мм. Соединительнотканная прослойка размером  $5 \pm 1,5$  мм располагалась в срединной части регенерата (рис. 5). Стабильность накостной пластины сомнений не вызывала. На данном этапе эксперимента в условиях операционной пластины блокировали винтами на уровне дистального отломка через паз и нижнее отверстие, аппарат демонтировали. Средняя величина удлинения составила  $26 \pm 1,3$  мм. Индекс внешнего остеосинтеза был  $12,7 \pm 0,7$  дн./см.



Рис. 2. Установка аппарата Илизарова и пластины. Рентгенограммы костей голени собаки после операции: а – прямая проекция; б – боковая проекция



Рис. 3. Внешний вид животного на этапе эксперимента

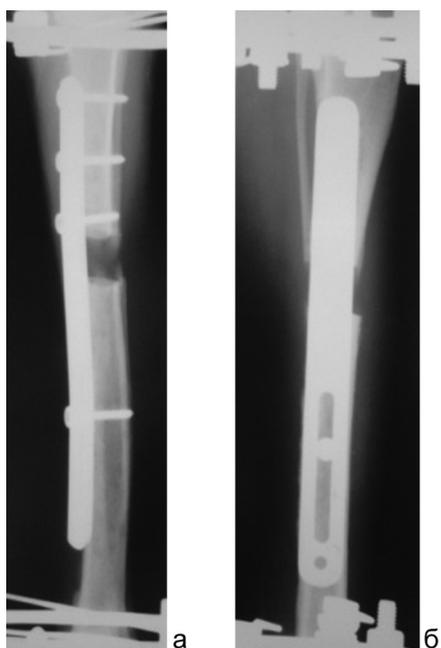


Рис. 4. Рентгенограммы костей голени на 14 сутки distraction: а) прямая проекция; б) боковая проекция

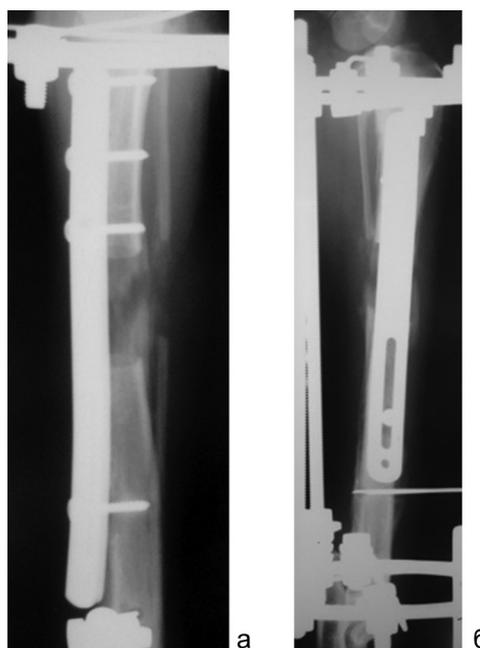


Рис. 5. Рентгенограммы костей голени в день окончания удлинения: а – прямая проекция; б – боковая проекция

Через 30 суток фиксации кости пластиной регенерат в большинстве случаев приобретал однородную структуру, в некоторых случаях в срединной части выявляли отдельные участки повышенной плотности – следы от соединительнотканной прослойки. Регенерат был нормопластического типа, периостальная реакция была слабо выражена (рис. 6).



Рис. 6. Рентгенограммы костей голени на 30 сутки фиксации: а – прямая проекция; б – боковая проекция

После эвтаназии животных через 30 суток фиксации пластиной при анатомическом препарировании выявили следующее: паз на пластине, как правило, был заполнен соединительной и хрящевой тканью, вся поверхность пластины была покрыта «чехлом» из плотной соединительной ткани. Под пластиной кость

покрыта видоизменённой мышечной тканью, некротизированных тканей и участков не наблюдали (рис. 7).



Рис. 7. Анатомическое препарирование голени: а – медиальная поверхность голени в области имплантации пластины; б – вращение хрящевой ткани в паз пластины

Среди встретившихся осложнений наблюдали резорбцию костной ткани вокруг одного из винтов с наличием локального воспаления тканей, которое было купировано антибиотиками и не повлияло на результаты эксперимента.

В процессе эксперимента мы не наблюдали ни одного случая поломки металлоконструкции и деформации дистракционного регенерата.

Таким образом, разработанная нами пластина в комбинации с аппаратом Илизарова показала высокую эффективность при удлинении костей голени в эксперименте с минимальным количеством осложнений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research // *Int. Orthop.* 2013. Vol. 37, N 8. P. 1533-1539. doi: 10.1007/s00264-013-1935-0.
- Попков Д.А., Ерофеев С.А., Чиркова А.М. Удлинение голени с использованием интрамедуллярного напряженного армирования (экспериментальное исследование) // *Гений ортопедии.* 2005. № 4. С. 81-89.
- Степанов М.А., Кононович Н.А., Горбач Е.Н. Репаративная регенерация костной ткани при удлинении конечности методикой комбинированного дистракционного остеосинтеза // *Гений ортопедии.* 2010. № 3. С. 89-94.
- Уравнивание длины нижних конечностей – исторические ракурсы и современные тенденции / О.А. Соколовский, С.Н. Сердюченко, Г.А. Бродко, Г.А. Урьев // *Мед. новости.* 2011. № 7. С. 11-19.
- Удлинение голени у детей комбинированной методикой с применением высокорезультативной круглосуточной дистракции / А.В. Попков, А.М. Аранович, К.И. Новиков, Э.Р. Мингазов, Д.А. Попков // *Гений ортопедии.* 2016. № 2. С. 51-56.
- Harbacheuski R., Fragomen A.T., Rozbruch S.R. Does lengthening and then plating (LAP) shorten duration of external fixation? / *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Jun; 470 (6):1771-81. doi: 10.1007/s11999-011-2178-2. Epub 2011 Nov 15.
- Iobst C.A., Dahl M.T. Limb lengthening with submuscular plate stabilization: a case series and description of the technique / *J Pediatr Orthop.* 2007 Jul-Aug;27(5):504-9.
- Limb lengthening with a submuscular locking plate / Oh C.W., Song H.R., Kim J.W., Choi J.W., Min W.K., Park B.C. // *J Bone Joint Surg Br.* 2009 Oct;91(10):1394-9. doi: 10.1302/0301-620X.91B10.22325.
- Limb Lengthening and Then Insertion of an Intramedullary Nail. A Case-matched Comparison / S. R. Rozbruch, D.Kleinman, A.T. Fragomen, S. Ilizarov // *Clin Orthop Relat Res* (2008) 466:2923–2932 DOI 10.1007/s11999-008-0509-8
- The minimally invasive plate osteosynthesis (MPO) technique with a locking compression plate for femoral lengthening / Endo H., Asaumi K., Mitani S., Noda T., Minagawa H., Tetsunaga T., Ozaki T. // *Acta Med Okayama.* 2008 Oct; 62(5):333-9.
- Plating after lengthening (PAL): technical notes and preliminary clinical Experiences / Uysal M, Akpınar S, Cesur N, Hersekli MA, Tandoğan RN. // *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007 Dec;127(10):889-93. Epub. 2007 Sep. 8.
- Submuscular plating after distraction osteogenesis in children / Oh C.W., Shetty G.M., Song H.R., Kyung H.S., Oh J.K., Min W.K., Lee B.W, Park B.C. // *J Pediatr Orthop B.* 2008 Sep;17(5):265-9. doi: 10.1097/BPB.0b013e32830688d8.
- Wu C.C., Chen W.J. / Tibial lengthening: technique for speedy lengthening by external fixation and secondary internal fixation. // *J Trauma.* 2003 Jun; 54(6):1159-65; discussion 1165.
- Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening / D. Paley, J.E. Herzenberg, G. Paremain, A. Bhav. *Bone Jt. Surg.* - 1997. - Vol. 79-A. - P. 1464-1468.

REFERENCES

1. Gubin A.V., Borzunov D.Y., Malkova T.A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research. *Int. Orthop.* 2013. Vol. 37, N 8. pp. 1533-1539. doi: 10.1007/s00264-013-1935-0
2. Popkov D.A., Yerofeyev S.A., Chirkova A.M. Udlinenie goleni s ispol'zovaniem intramedullarnogo napriazhennogo armirovaniia (eksperimental'noe issledovanie) [Leg lengthening using intramedullary stressed reinforcement (experimental study)]. *Genij Ortop.* 2005. N 4. pp. 81-89
3. Stepanov M.A., Kononovich N.A., Gorbach E.N. Reparativnaia regeneratsiia kostnoi tkani pri udlinenii konechnosti metodikoi kombinirovannogo distraktsionnogo osteosinteza [Bone tissue reparative regeneration for limb lengthening by the technique of combined distraction osteosynthesis]. *Genij Ortop.* 2010. N 3. pp. 89-94
4. Sokolovskii O.A., Serdiuchenko S.N., Brodtko G.A., Ur'ev G.A. Uravnivanie dliny nizhnikh konechnostei – istoricheskie rakursy i sovremennye tendentsii [Equalization of the lower limb length – historical perspectives and current trends]. *Med. Novosti.* 2011. N 7. pp. 11-19
5. Popkov A.V., Aranovich A.M., Novikov K.I., Mingazov E.R., Popkov D.A. Udlinenie goleni u detei kombinirovannoi metodikoi s primeneniem vysokodrobnoi kruglosutochnoi distraktsii [Leg lengthening in children by the combined technique using high-divisional round-the-clock distraction]. *Genij Ortop.* 2016. N 2. pp. 51-56
6. Harbacheuski R., Fragomen A.T., Rozbruch S.R. Does lengthening and then plating (LAP) shorten duration of external fixation? *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2012. Vol. 470, N 6. pp. 1771-1781. doi: 10.1007/s11999-011-2178-2
7. Iobst C.A., Dahl M.T. Limb lengthening with submuscular plate stabilization: a case series and description of the technique. *J. Pediatr. Orthop.* 2007. Vol. 27, N 5. pp. 504-509
8. Oh C.W., Song H.R., Kim J.W., Choi J.W., Min W.K., Park B.C. Limb lengthening with a submuscular locking plate. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2009. Vol. 91, N 10. pp. 1394-1399. doi: 10.1302/0301-620X.91B10.22325
9. Rozbruch S.R., Kleinman D., Fragomen A.T., Ilizarov S. Limb lengthening and then insertion of an intramedullary nail: a case-matched comparison. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2008. Vol. 466, N 12. pp. 2923-2932. doi: 10.1007/s11999-008-0509-8
10. Endo H., Asaumi K., Mitani S., Noda T., Minagawa H., Tetsunaga T., Ozaki T. The minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) technique with a locking compression plate for femoral lengthening. *Acta Med. Okayama.* 2008. Vol. 62, N 5. pp. 333-339
11. Uysal M., Akpınar S., Cesur N., Hersekli M.A., Tandoğan R.N. Plating after lengthening (PAL): technical notes and preliminary clinical experiences. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2007. Vol. 127, N 10. pp. 889-893
12. Oh C.W., Shetty G.M., Song H.R., Kyung H.S., Oh J.K., Min W.K., Lee B.W., Park B.C. Submuscular plating after distraction osteogenesis in children. *J. Pediatr. Orthop. B.* 2008. Vol. 17, N 5. pp. 265-269. doi: 10.1097/BPB.0b013e32830688d8
13. Wu C.C., Chen W.J. Tibial lengthening: technique for speedy lengthening by external fixation and secondary internal fixation. *J. Trauma.* 2003. Vol. 54, N 6. pp. 1159-1165
14. Paley D., Herzenberg J.E., Parniani G., Bhave A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1997. Vol. 79, N 10. pp. 1464-1480

Рукопись поступила 21.09.2016

**Сведения об авторах:**

1. Степанов Михаил Александрович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, лаборатория гнойной остеологии и замещения дефектов конечностей, ведущий научный сотрудник, к. в. н., ветеринарный врач
2. Антонов Николай Иванович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, лаборатория реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, научный сотрудник, к. б. н.
3. Борзунов Дмитрий Юрьевич – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, заместитель директора по научной работе, д. м. н.

**Information about the authors:**

1. Mikhail A. Stepanov, Ph.D. of Veterinary Sciences, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory of Pyogenic Osteology and Limb Defect Filling, a leading researcher, a veterinary physician, Candidate of Veterinary Sciences
2. Nikolai I. Antonov, Ph.D. in biology, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Laboratory for Reconstructive Joint Replacement and Arthroscopy; e-mail: aniv-niko@mail.ru
3. Dmitrii Iu. Borzunov, M.D., Ph.D., Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Deputy Director for Science; e-mail: borzunov@bk.ru