

Дьячков К.А., Дьячкова Г.В., Нижечик С.А., Неретин А.С.

ФГУ "РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова" Минздравсоцразвития России (RISC "RTO" Minzdravsocravitiya, Russia)

Аddress for correspondence/ Аdres do korespondencji: Дьячкова Г.В ФГУ "РНЦ "ВТО" им. акад. Г.А. Илизарова" Минздравсоцразвития России Российская Федерация, 640014, Курганская обл, Курган г, М. Ульяновой, 6 Телефон +(7)(3522)454747 Факс +(7)(3522)454060

Received:	05.07.2011
Accepted:	25.10.2011
Published:	15.02.2012

STATISTIC STATYSTYKA		
Word count Liczba słów	1395/1343	
Tables Tabele	0	
Figures Ryciny	8	
References Piśmiennictwo	11	

Quantitative description of distraction regenerated bone for lengthening and correction of posterior and middle foot deformities by computer tomography data

Количественная характеристика дистракционного регенерата при удлинении и устранении деформаций заднего и среднего отдела стопы по данным компьютерной томографии

Original article

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 1 (27) 2012

Summary

The quantitative description of distraction regenerated bone for lengthening and the correction of posterior and middle foot deformities by the data of computer tomography (CT). Transosseous osteosynthesis according to Ilizarov was performed for the purpose of correcting posterior foot deformities in patients with deformities and developmental anomalies of foot bones. CT-characteristic of distraction regenerated bone after device dismounting has been studied in 13 patients. CT of distraction regenerated bone allowed to study the density of distraction and fixation with the device, the density of regenerated bone varied from 25-38 HU to 50-80 HU. To solve the problem of additional fixation length, a technique for its prediction has been proposed by us. The zones of regenerated bone with density values of 70-80 HU and higher can be considered as zones of high mineralization; those with density values of 50-60 HU – as zones of good mineralization; those with density values bolw 50 HU – as zones of unsatisfactory mineralization, thereby determining the length of additional fixation. **Key words:** distraction regenerated bone, CT, foot

Реферат

Количественная характеристика дистракционного регенерата при удлинении и устранении деформаций заднего и среднего отдела стопы по данным компьютерной томографии (КТ). Для устранения деформаций заднего отдела стопы у больных с деформациями и аномалиями развития костей стопы применяли чрескостный остеосинтез по Илизарову. У 13 больных изучена КТ-характеристика дистракционного регенерата после демонтажа аппарата. КТ дистракционного регенерата позволила изучить плотность дистракционного регенерата в различные периоды после лечения. В зависимости от продолжительности дистракции и фиксации аппаратом, плотность регенерата колебалась от 25-38 HU до 50-80 HU. Для решения вопроса о продолжительности дополнительной фиксации нами предложен способ ее прогнозирования. Зоны регенерата с показателями плотности 60-70 HU- как зоны с хорошей минерализацией, с показателями плотности 50-60 HU -как зоны с удовлетворительной минерализацией, что и определяет продолжительность дополнительной фиксации, что и определяет продолжительность дополнительной минерализацией, что и определяет продолжительность дополнительной фиксации.

Ключевые слова: дистракционный регенерат, КТ, стопа

INTRODUCTION

The peculiarities of the distraction bony regenerate in calcaneous, talus and cuneiform bone lengthening allowed us to reveal some regularities and differences of its structure at the different stages of lengthening using the method of poly-position radiography and densitometry [1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 13]. Distraction regenerate is forming in the bones of hindfoot on the background of different osteoporosis severity that leaves a certain mark on the stages and radiomorphological characteristics of the wedge- and trapezium-shaped regenerate bone. In these conditions the descriptive data don't give the possibility to completely evaluate the character of reparative process, its quantitative parameters and peculiarities of reconstruction and mineralization processes. CT and densitometry, that was not applied in cancellous bones lengthening [2; 4; 9; 10; 12; 14] but was used for diagnostics only [11], had been applied for rather long time for the study of long bones distraction regenerate.

MATERIAL AND METHODS

CT characteristics of the distraction regenerate after frame removal were studied in 13 patients. The study was carried out using CT Somatom AR-MR made by "Siemens" and Toshiba Aquilion-64 with data processed at multi-modal graphic station of Leonardo "Siemens", expert class. The study of the regenerate during distraction and fixation has some difficulties due to the large number of Ilizarov frame parts being the sources of artefact. But the study of the regenerate bone and neighboring portions of the calcaneus, talus and other bones after frame disassembly is also extremely important since allows making prognoses on the course of cancellous bone remodeling and planning the character and the length of the rehabilitation. Longitudinal, L-, T-, V- and other shapes of osteotomies were produced to form the given shape of the regenerate bone, therefore, improving biomechanical alignment of the foot bones in order to correct or lengthen hindfoot (Fig. 1).

THE RESULTS AND DISCUSSION

CT with measurements of density of different parts of calcaneus, talus and subchondral zone of tibia was performed in 12 patients in order to study osteoporosis severity in the hindfoot. Measurement scheme is represented in Fig. 2.

ВВЕДЕНИЕ

Особенности формирования дистракционного регенерата при удлинении пяточной кости, таранной и клиновидных костей при изучении методом полипозиционной рентгенографии и денситометрии позволили выявить некоторые закономерности и отличия в его структуре на различных этапах удлинения [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13]. Дистракционный регенерат в костях заднего отдела стопы формируется на фоне различной степени выраженности остеопороза, что накладывает определенный отпечаток на стадийность и рентгеноморфологические характеристики клиновидного или трапециевидного регенерата. В этих условиях описательные данные не позволяют полностью оценить характер репаративного процесса, его количественные параметры и особенности процессов перестройки и минерализации. Для изучения дистракционного регенерата длинных костей достаточно давно применяется КТ и денситометрия, которая при удлинении губчатых костей стопы не применялась [2, 4, 9, 10, 12, 14] и использовалась лишь с диагностической целью [11].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

У 13 больных изучена КТ-характеристика дистракционного регенерата после снятия аппарата. Исследование проводили на компьютерных томографах Somaton AR-HP «Siemens», Toshiba Aquilion-64 c ofpaботкой данных на мультимодальной сетевой графической станции экспертного класса Leonardo «Siemens». Изучение дистракционного регенерата в периоде фиксации и дистракции представляет определенные трудности в связи с большим количеством деталей аппарата Илизарова, которые являются источником артефактов. Но и после демонтажа аппарата исследование регенерата и прилежащих отделов пяточной, таранной и других костей чрезвычайно важно, поскольку позволяет прогнозировать течение процессов ремоделирования губчатых костей, планировать характер и продолжительность процессов реабилитации. Для устранения деформаций заднего отдела стопы с целью его реконструкции или удлинения выполняли линейные, Г-, Т-, V - образные и другие остеотомии для формирования аппаратом Илизарова дистракционного регенерата заданной формы с целью улучшения биомеханических взаимоотношений костей стопы (рис.1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения степени выраженности остеопороза в костях заднего отдела стопы у 12 больных проведена КТ с измерением плотности различных участков пяточной, таранной и субхондральной зоны большеберцовой кости. Схема измерения представлена на рис. 2.

Через две-три недели после снятия аппарата у всех больных плотность таранной кости была выше, чем пяточной на 80-110 HU.Плотность в области

In 2-3 weeks after frame removal, the talar density exceeded the calcaneal one by 80-110 HU in all cases. The density of calcaneal tuberosity area was lower by 21% than the same of total calcaneus and the indices in medial calcaneal body were the lowest among all (6-12 HU) (Fig.3.)

AP projection of CT shows thickened vertical trabeculae divided by wide intervals (with -6 HU density) (Fig.4).

The density in some parts of these zones correlated to the fat tissue density (-27 HU) and in the others it did пяточного бугра была ниже общей плотности пяточной кости на 21%, а самыми низкими были показатели плотности в медиальной области тела пяточной кости (6-12 HU) (Рис.3).

На КТ-реконструкциях во фронтальной проекции томограммах видны утолщенные вертикальные костные трабекулы, разделенные широкими промежутками, плотность которых составляла 6 HU. (Рис.4).

Плотность в некоторых участках этих зон соответствовала плотности жировой ткани(-27 HU), в других - составляла не более 70 HU. В таблице



calcaneus and talus Рис. 2. КТ заднего отдела стоп больной У.,15. лет. Измерение плотности различных отделов пяточной, таранной костей

osteotomies

пяточной кости



Fig. 3. Hind foot CT in the patient C., 27 years old. Density measurement of different parts of the calcaneus and the regenerate bone Рис. 3. КТ заднего отдела стоп больной С., 27 лет. Измерение плотности различных отделов пяточной кости и регенерата



not exceed 70 HU. Table 1 represents the data of different foot bones density after the treatment.

Calcaneal cortex density was measured separately in affected and healthy limbs. Cortex density of the healthy limb exceeded the operated one by 105.20 ± 43.21 HU. According to the hindfoot CT with inclusion of distraction regenerate taken in 13 cases, the density of the different areas of the regenerate bone ranged from -39 HU to +396 HU. It made up 28.47 ± 7.24 HU in the central portions during fixation period. Mean density achieved 310 ± 65.85 HU which corresponded to regenerate ossification parts (density ranged from -100 to 400 HU) in the proximal and distal regenerate bone and its periphery. The study of the regenerate bone area in the various planes indicated that it was truly larger in the sagittal plane (p=0.05) (Fig. 2).

In the immediate follow-up after frame removal the regenerate density was considerably low, not exceeding 40 HU in some patients. The regenerate density was higher in the parts adjacent to the host bone. Rarefaction areas with thickened, widely-spaced trabeculae were defined in the adjacent foot bones. In two-three weeks after frame removal the regenerate bone acquired cellular construction in the axial projection and its density increased up to 60-80 HU (Fig. 5).

1 представлены данные о плотности различных костей стопы после окончания лечения.

Отдельно была измерена плотность кортикальной пластинки пяточной кости на больной и здоровой конечностях. На здоровой конечности плотность кортикальной пластинки была на 105,20±43,21HU больше, чем на оперированной. По данным КТ заднего отдела стопы с включением в зону интереса дистракционного регенерата, выполненной у 13 пациентов, плотность различных отделов регенерата колебалась от - 39 до + 396 НU. В центральных отделах в периоде фиксации она составила в 28,47 ±7,24HU. В проксимальном и дистальном отделах регенерата, а также по его периферии, плотность достигала в среднем 310± 65,85HU, что соответствовало участкам окостенения регенерата (диапазон плотностей от - 100 до 400 HU.).. Изучение площади дистракционного регенерата в различных плоскостях показало, что в сагиттальной она была достоверно больше (р≤0,05) (таблица 2).

В ближайшем после снятия аппарата времени плотность регенерата была значительно ниже и не превышала у некоторых больных 40 HU. Плотность регенерата была выше в участках, прилежащих к материнской кости. В прилежащих костях стопы определялись участки разрежения с утолщенными, редко

Fig. 4. Feet CT, multi-planar reconstruction of the hindfoot in the patient K., 15 years old, after external fixator removal **Рис. 4.** КТ стоп, мультипланарная реконструкция заднего отдела стопы б - ной К., 15лет после снятия аппарата внешней фиксации



Tab. 1. The indices of different foot bones density after lengthening or deformity correction

Area of measurements	Parameters		
	М	σ	Me
Talus	190,51	119,3	164
Calcaneus	111,6	65,9	108,5
Calcaneal tuberosity	23,6	21,2	24
Calcaneal body	105,1	96,4	122

 1 p≤0,05 – the differences of talar density from different portions of calcaneus

Область измерения	Параметры		
	М	σ	Me
Таранная кость	190,5 ¹	119,3	164
Пяточная кость	111,6	65,9	108,5
Бугор пяточной кости	23,6	21,2	24
Тело пяточной кости	105,1	96,4	122

Таб. 1. Показатели плотности различных костей стопы после удлинения или устранения деформации The regenerate density didn't exceed 20-30 HU in 5 patients with long distraction period immediately after the frame removal (in 1-2 days).

Foot bones density after the fixator removal remained low and didn't exceed 100-200 HU.

After external fixator removal it is often necessary to immobilize the limb by the plaster cast in the patients with congenital and acquired deformities. At the same time the fixation length can vary depending on the grade of radiomorphological maturation of formed bony regenerate which quality can be evaluated by CT method. For that purpose the regenerate zone was identified in MRI and its area was segmented for central and peripheral parts with regards to the longitudinal axis. Later the density of each exposed part was defined, expressing in расположенными трабекулами .Через две – три недели после снятия аппарата регенерат приобретал в аксиальной проекции ячеистое строение, плотность его увеличивалась до 60-80HU (Рис.5).

Сразу после снятия аппарата (один - два дня) у 5 больных с длительным периодом дистракции плотность регенерата не превышала 20-30HU.

Плотность костей стопы после снятия аппарата оставалась низкой и не превышала 100-200 HU.

После снятия аппарата внешней фиксации у пациентов с врожденными или приобретенными деформациями стоп часто возникает необходимость иммобилизации конечности гипсовой лангетой. При этом срок фиксации может быть различным в зависимости от степени рентгеноморфологической зрелости сфор-

Tab. 2. The calcaneus regenerate bone area in the axial and sagit-tal planes

Measurement plane	Indices		
	М	σ	Me
Axial	2,871	0,43	2,9
Sagittal	3,44	0,98	3,5

 $^{1}p \leq 0,05$ – the differences of axial regenerate density from the sagittal one

Плоскость измерения	Показатели		
	М	σ	Me
Аксиальная Сагиттальная	2,87 ¹ 3,44	0,43 0,98	2,9 3,5



циях.MPR,аксиальные прекции,топограмма Fig. 6. CT, multi-planar and VRT reconstruction of the hindfoot in

reconstruction of the hindfoot in the patient C., 27 years old, after external fixator removal. Definition of calcaneal (111 HU) and talar (184 HU) bones and tibial subchondral layer density **Рис. 6.** КТ, мультипланарная

и VRT реконструкция заднего отдела стопы больной С., 27 лет после снятия аппарата внешней фиксации.



Определение плотности пяточной (111 HU), таранной (184HU) костей и субхондрального слоя большеберцовой кости



Fig. 5. CT of the feet in the Patient X., 17 years old. Measurement of the total density of the regenerate bone and its area in the axial and sagittal projections. MRI, axial projections, topogram **Рис. 5.** КТ стоп больной Х.,17 лет. Измерение общей плотности дистракционного регенерата, его площади в аксиальной и сагиттальной проекциях.MPR,аксиальные прекции.топограмма Hounsfield units (HU). Fig. 3 shows the division of the regenerate bone into the zones for density definition of its various parts according to the offered scheme. At the same time we measured the density of the different portions of the calcaneus.

While comparing the results of clinical examination and radiographic data with CT data, it was defined that the regenerate zones with density of 70-80 HU and above can be evaluated as high mineralization zones, with 60-70 HU density can be called as good mineralization zones, with 50-60 HU density - as the satisfactory ones and the regenerate with density below 50 HU can be defined as the zones with poor mineralization.

мированного дистракционного регенерата, количественную оценку которого можно осуществить методом КТ. Для этого на MPR выделяли зону регенерата, сегментировали его площадь относительно продольной оси кости на центральные и периферийные участки. После этого определяли плотность каждого из выделенных участков, которую выражали в единицах Хаунсфилда (HU). На рисунке 7 представлено разделение регенерата на зоны для определения плотности различных его участков в соответствии с предложенной нами схемой. Одновременно измеряли плотность пяточной кости в различных отделах ее.

При сопоставлении результатов клинической пробы, данных рентгенографии с результатами, полученными при КТ, определено, что зоны регенерата с показателями плотности 70-80 HU и выше могут расцениваться как зоны с высокой минерализацией, с показателями плотности 60-70 HU как зоны с хорошей минерализацией, с показателями плотности 50-60 HU как зоны с удовлетворительной минерализацией, с показателями плотности менее 50 HU как зоны с неудовлетворительной минерализацией.



Fig. 8. Feet CT of the patient U., 14 years old and patient C., 27 years old. Hindfoot MRI, identification of distraction regenerate density of various areas (zones) after frame removal for definition of the length of additional fixation Рис. 8. КТ стоп больной У., 14 лет и С., 27 лет. MPR заднего отдела стопы, определение плотности различных отделов (зон) дистракционного реге-

льной фиксации



THE JOURNAL OF ORTHOPAEDICS TRAUMA SURGERY AND RELATED RESEARCH

Fig. 7. Feet CT of the Patient C., 27 years old. Multi-planar reconstruction of the hindfoot, measurement of calcaneal trapeziumshaped regenerate density by MRI image Рис. 7. КТ стоп больной С., 27

лет. Мультипланарная реконструкция костей заднего отдела стопы, измерение плотности зон трапециевидного регенерата пяточной кости по MPR изображению. Схема условного разделения регенерата на 9 зон на примере трапециевидного регенерата

The length of the segment immobilization after corrective operation in the foot bones lasts commonly 4 weeks after external fixator removal. If three zones with the density below 50-60 HU were observed in the space from 4th through 9th of the regenerate structure, or same two zones in the area from 1st through 6th or one zone from 1st to 3rd zones, immobilization with the back slab lasted within 5-6 weeks after fixator removal. If there were no zones with the density index below 50 HU and the zones with 60-70 HU density prevailed, the fixation with the cast was performed within 4 weeks after frame removal. If there were no zones with the density index below 50 HU and the zones with 70-80 HU density prevailed, the fixation with the cast was performed within 2-3 weeks after frame removal. We should note that if more than one zone with poor mineralization is observed, their location within one layer (in 1,4,7 zones or 2,5,8 zones or 3,6,9 zones) is considered to be the most unfavorable one. In these cases the length of immobilization can be prolonged up to 8 to 10 weeks. Fig. 8 represents CT (MRI) data of density measurements in different zones of the regenerate bone in the patients aged 14 and 17 years. Since in the patient U., 14 years old, these zones had no density indices below 50 HU (61-83 HU), the length of additional fixation could be diminished to 4 weeks while in the patient C., 27 years old, the regenerate density was lower than 50 HU in the zones from 1 to 3. Therefore, the length of additional fixation had to be increased up to 5-6 weeks (Fig. 8).

CONCLUSION

The character of the regenerate formation depends on the rate and rhythm of distraction but its shape depends on the spatial relations of the bone fragments with forming bony regenerate between them. It is revealed both in the rates of forming regenerate and the expressiveness of its portions and reconstruction rate. CT of the distraction regenerate bone allowed us to study the distraction regenerate density in the various intervals after fixator disassembly. The regenerate density ranged from 25-38 HU to 50-80 HU depending on the length of distraction and fixation with the frame on. In the calcaneus after its lengthening or deformity correction rarefaction zones with singular thickened trabeculae and the density between them equal to the fat tissue density (-20-30 HU) were forming. The signs of osteoporosis were also noted in the adjacent foot bones and their total density comprised 100-200 HU. We offer the way of making prognosis regarding the length of additional fixation.

Общепринятая продолжительность иммобилизации сегмента гипсовой повязкой после корригирующих операций на костях стопы после снятия аппарата внешней фиксации составляет 4 недели. При наличии в структуре регенерата с четвертой по девятую зону трех зон, или с первой по шестую- двух, или с первой по третью- одной зоны с показателями плотности менее 50 HU иммобилизация в гипсовой лангете производилась в течение 5-6 недель после снятия аппарата внешней фиксации. При отсутствии зон с показателями плотности менее 50 HU и преобладании зон с показателями 60-70 HU фиксация в гипсовой лангете производилась в течение четырех недель после снятия аппарата внешней фиксации. При отсутствии зон с показателями плотности менее 50 HU и преобладании зон с показателями 70-80 HU фиксация в гипсовой лангете производилась в течение 2-3 недель после снятия аппарата внешней фиксации. Следует отметить, что при наличии более одной зоны с неудовлетворительной минерализацией, наиболее прогностически неблагоприятным следует считать расположение этих зон в пределах одного слоя (в зонах 1, 4, 7 или 2, 5, 8 или 3, 6, 9). В этих случаях срок иммобилизации гипсовой лангетой может быть увеличен до 8-10 недель. На рисунке 8 представлены результаты КТ(MPR),где измеряли плотность в различных зонах регенерата у больных возраст 14 и 27 лет. Поскольку у больной У.,14 лет эти зоны не имели показателей плотности ниже 50 HU(61-83 HU), продолжительность дополнительной фиксации могла быть ограничена четырьмя неделями фиксации, тогда как у больной С., 27 лет плотность регенерата с 1 по 3 зоны была ниже 50 HU. В связи с этим продолжительность дополнительной фиксации должна быть увеличена до 5-6 недель (рис.8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характер формирования регенерата зависит от темпа и ритма дистракции, а его форма от пространственных взаимоотношений костных фрагментов, между которыми формируется костный регенерат. Это проявляется как в темпах формирования регенерата, так и выраженности его отделов и скорости перестройки. КТ дистракционного регенерата позволило изучить плотность дистракционного регенерата в различные периоды после демонтажа аппарата внешней фиксации. В зависимости от продолжительности дистракции и фиксации аппаратом, плотность регенерата колебалась от 25-38 HU до 50-80 HU. В пяточной кости после ее удлинения или устранения деформации формировались зоны разрежения, содержащие единичные утолщенные трабекулы, между которыми плотность равнялась плотности жировой ткани(-20-30 HU). В прилежащих костях стопы также отмечались явления остеопороза, а их общая плотность составляла 100-200 HU. Для решения вопроса о продолжительности дополнительной фиксации нами предложен способ ее прогнозирования. При соComparing the results of clinical check-up and radiographic data with the results obtained by CT, it was defined that the regenerate zones with the density of 70-80 HU and more can be evaluated as high mineralization zones, the zones with 60-70 HU can be referred to good mineralization ones, 50-60 HU density zones can be called satisfactory mineralization zones and the areas with the density below 50 HU would be defined as the zones with poor mineralization.

поставлении результатов клинической пробы, данных рентгенографии с результатами, полученными при КТ, определено, что зоны регенерата с показателями плотности 70-80 HU и выше могут расцениваться как зоны с высокой минерализацией, с показателями плотности 60-70 HU- как зоны с хорошей минерализацией, с показателями плотности 50-60 HU -как зоны с удовлетворительной минерализацией, с показателями плотности менее 50 HU как зоны с неудовлетворительной минерализацией.

References:

- Алгоритм описания дистракционного регенерата / Г. В. Дьячкова [и др.] // Реабилитация больных с повреждениями и заболеваниями костей таза. Новые технологии в лечении повреждений и заболеваний опорно-двигательной системы : материалы республ. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2003. С. 162-163.
- Вроньски, С. Денситометрическое исследование в оценке костного регенерата при удлинении нижних конечностей методом Г. А. Илизарова : [тез. докл. симп. «Способы контроля процессов остеогенеза и перестройки в очагах костеобразования»] / С. Вроньски, А. Барчиньски, П. Войчеховски // Новые технологии в медицине : науч.-практ. конф. с междунар. участием. - Курган, 2000. – Ч. 2. - С. 173.
- Денситометрические исследования при лечении патологии стопы / А. А. Свешников, Г. Р. Исмайлов, Т. Е. Козьмина, Н. Ф. Обанина // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии : материалы науч. конф. Н. Новгород, 2001. Ч. 1. С. 83-85.
- 4. Динамический контроль репаративного костеобразования при устранении дефектов пяточной кости денситометрическими и радионуклеидными методами / А. А. Свешников [и др.] // Актуальные вопросы ортопедии, травматологии и нейрохирургии : материалы итогов. практич. конф. НИЦТ «ВТО». Казань, 2001. Т. 67. С. 47-49.
- Дьячкова Г. В., Исмайлов Г. Р., Козьмина Т. Е. Рентгенологическая характеристика регенерации костей при патологии стопы // Актуальные проблемы травматологии и ортопедии : материалы науч. конф. Н. Новгород, 2001. Ч. 1. С. 36-37.
- Дьячкова Г. В., Самусенко Д. В. Рентгенологические особенности пяточной кости у больных с последствиями ее компрессионных переломов // 34-ая областная научнопрактическая конференция, посвященная 60-летию образования Курганской области : тез. докл. Курган, 2002. С. 32-34.

- Илизаров Г. И. Клинические возможности нашего метода // Экспериментально- теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза : материалы Всесоюзн. симп. с участ. иностр. спец. Курган, 1984. С. 49-57.
- Исмайлов Г. Р., Козьмина Т. Е., Неретин А. С. Применение метода чрескостного остеосинтеза при лечении больных с врожденной аномалией развития костей заднего отдела стопы // Гений ортопедии. 2002. № 1. С. 31-35.
- Качественный и количественный анализ КТ-морфологии дистракционного регенерата при удлинении и устранении деформаций нижних конечностей / В. И. Шевцов, Г. В. Дьячкова, А. В. Ковалева, М. А. Корабельников, Д. А. Алекберов, А. А. Щукин, Д. А. Попков, С. А. Нижечик // Травматол. и ортопед. России. - 2007. № 3 (45). - С. 56-62.
- Количественная оценка репаративного костеобразования при удлинении конечностей у больных ахондроплазией / М. А. Корабельников, Г. В. Дьячкова, А. М. Аранович, А. А. Щукин, К. А. Дьячков, А. В. Ковалева // Гений ортопедии. - 2006. - № 1. - С. 92-97.
- Computed tomography of the hindfoot / S. E. Seltzer [et al.] / / J. Comput. Assist. Tomogr. 1984. Vol. 8, No 3. P. 488-497.
- Computer analysis of bones and regeneration on radiographs taken during limblengthening - introductory comments / M. Tesiorowski [et al.] // Chir. Narzadow Ruchu Ortop. Pol. 2001. Vol. 66, No 1. P. 73-78.
- 13. Digital radiography. A predictor of regenerate bone stiffness in distraction osteogenesis / S. Kolbeck [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. 1999. No 366. P. 221-228.
- 14. Quantitative and qualitative evaluation of the distraction regenerate in limb lengthening [Text] / G. V. Diachkova, M. A. Korabelnikov, K. A. Diachkov, D. A. Alekberov, A. V. Kovaleva / / 5th Meeting of the A.S.A.M.I. International (May 28-30, 2008 St. Petersburg) : Program and abstract book. Kurgan, 2008. P. 76.