

© Т.И. Менщикова, А.М. Аранович, 2013

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОГО РЕГЕНЕРАТА У БОЛЬНЫХ АХОНДРОПАЗИЕЙ И С ВРОЖДЕННОЙ ВАРУСНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ГОЛЕНИ (УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Т.И. Менщикова, А.М. Аранович

ФГБУ «Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, Курган, РФ

С помощью метода УЗИ изучены особенности течения остеогенеза у больных ахондроплазией при удлинении голени и больных с врожденной варусной деформацией голени в процессе коррекции. Представлены качественные и количественные ультразвуковые критерии, характеризующие нормальную, высокую и низкую активность репаративного остеогенеза. Установлено, что дистракционный регенерат с низким уровнем остеогенеза характеризуется замедленной органотипической перестройкой, нарушением формирования микроциркуляторного русла. Показана необходимость проведения динамического УЗИ на протяжении всего периода лечения.

Ключевые слова: ахондроплазия, врожденная варусная деформация, дистракция, репаративный остеогенез, ультразвуковые исследования.

Peculiarities of Bone Regenerate Structural Condition in Patients with Achondroplasia and Congenital Varus Deformity

T.I. Menshchikova, A.M. Aranovich

Peculiarities of osteogenesis course in patients with achondroplasia at crus lengthening and in patients with congenital varus deformity in the process of correction were studied using US methods. Qualitative and quantitative US criteria that characterized normal, high and low reparative osteogenesis activity were presented. It was established that distraction regenerate with low level of osteogenesis was characterized by delayed organotypical reconstruction and disturbance of microcirculatory bed formation. The necessity of dynamic US examination during the whole period of treatment was shown.

Key words: achondroplasia, congenital varus deformity, distraction, reparative osteogenesis, ultrasound examination.

В настоящее время метод чрескостного компрессионного дистракционного остеосинтеза (ЧКДО) по Илизарову позволяет увеличивать рост путем удлинения сегментов конечностей, устранять многоплоскостные деформации сегментов нижних конечностей. В результате 2–3-этапного оперативного лечения больные ахондроплазией из разряда «карликов» переходят в разряд людей с низким ростом [1–3]. У пациентов с врожденной варусной деформацией нижних конечностей с помощью метода ЧКДО производится коррекция оси сегмента нижней конечности, а при необходимости и последующее удлинение. Активность репаративного остеогенеза в период дистракции и фиксации во многом определяет сроки и результат лечения. «Золотым» стандартом в оценке структурного состояния регенератов трубчатых костей является метод рентгенографии. Однако он не позволяет визуализировать рентгенонеконтрастную структуру костного регенерата на ранних сроках дистракции, что ограничивает возможность внесения своевременной коррективы в режим дистракции. В последние годы для комплексной оценки структурного состояния и васкуляризации костного регенерата в кли-

нической ортопедии с успехом применяется метод УЗИ [4–7].

Целью данного исследования явилась оценка особенностей структурного состояния костного регенерата голени у больных ахондроплазией и с врожденной варусной деформацией костей голени в процессе лечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В процессе лечения обследовано 62 больных ахондроплазией в возрасте 6–25 лет, 12 — с врожденной варусной деформацией нижних конечностей в возрасте 14–25 лет. Для удлинения сегментов конечностей у больных ахондроплазией применяли методики моно- и билочкального удлинения нижних конечностей, величина удлинения равнялась соответственно $2,0 \pm 0,3$ и $9,6 \pm 0,8$ см.

Исследование выполнено на ультразвуковом аппарате Voluson-730PRO (Австрия) с использованием линейного и секторного датчиков с частотой 7,5 мГц. Для изучения дистракционного регенерата датчик устанавливали над областью, соответствующей остеотомии, определяли соногеометрические параметры зоны удлинения; с помощью

стандартной программы строили гистограммы и оценивали показатель эхоплотности (ПЭХ), отражающий акустические свойства костного регенерата. Контролем служил участок метафиза большеберцовой кости, ПЭХ которого составлял 210 ± 10 усл. ед. В режиме цветного доплеровского картирования (ЦДК) и энергетического доплера определяли сосуды в зоне удлинения, измеряли их спектральные и скоростные характеристики. В режиме 3D-реконструкции оценивали объем кистоподобных участков, зон активного остеогенеза, васкуляризацию регенерата.

Ультразвуковые исследования дистракционно-регенерата у больных ахондроплазией проводили через 10, 20, 30 и 60 дней от начала дистракции и 1 раз в месяц в период фиксации. У больных с врожденной варусной деформацией голени применяли методики корригирующих остеотомий бедра и голени (одновременно или последовательно). Исследование проводили через каждые 10 дней после операции в первый месяц лечения и далее 1 раз в месяц.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех больных ахондроплазией через 10 дней дистракции визуализировался диастаз шириной $0,99 \pm 0,02$ см, имеющий гетерогенную структуру (рис. 1, а). При сканировании дистракционного регенерата с использованием энергетического доплера в области формирующейся периостальной реакции, а также в мягких тканях, окружающих регенерат, определялись мелкие сосуды диаметром $0,04 \pm 0,005$ см с низкими значениями периферических индексов. Об активности протекающего остеогенеза свидетельствовали костные мостики, располагающиеся между костными отделами регенерата. Результаты проведенного исследования позволили выделить три основных типа репаративной активности остеогенеза у больных ахондроплазией в зависимости от сроков фиксации на каждый сантиметр удлинения: высокий (I тип; $n=12$), нормальный (II тип; $n=45$) и низкий (III тип; $n=5$). Сроки дистракции и фиксации представлены в табл. 1.

Отличительной особенностью регенерата у детей в возрасте 6–10 лет (I тип) являлось «бурное» образование костных трабекул в интермедиарной зоне регенерата и формирование цепочки эхоплотных фрагментов между проксимальным и дистальным концом материнской кости уже в первый месяц дистракции, что является эхопризнаком возможной преждевременной консолидации регенерата. Через 30 дней дистракции при темпе $0,25$ мм 4–5 раз в день и достигнутой величине удлинения $3,5 \pm 0,5$ см эхопозитивная часть регенерата составляла $2,9 \pm 0,2$ см (80%). На протяжении всего периода дистракции происходило ускоренное сужение эхопозитивной зоны регенерата за счет гиперэхогенных наслоений у проксимального и дистального концов материнской кости, ре-

генерат визуализировался в форме «трапеции» (рис. 1, б). Через 30 дней фиксации ширина эхопозитивной зоны регенерата составляла $37,5 \pm 5,5\%$ от величины удлинения. К 60-му дню фиксации дистракционный регенерат имел форму «ковша», эхопозитивные участки практически отсутствовали (рис. 1, в). Об активно протекающем остеогенезе свидетельствовали не только качественные проявления, но и количественные характеристики. Так, ПЭХ вновь образованных костных трабекул составлял $78 \pm 5\%$ ($p \leq 0,05$) от плотности материнской кости. Через 30–40 дней дистракции ПЭХ регенерата составлял 68% от плотности материнской кости ($p \leq 0,05$), а ПЭХ отдельных структур был сопоставим с ПЭХ материнской кости; ПЭХ малодифференцируемой соединительной ткани, которая в небольшом объеме располагалась между вновь образованными костными трабекулами, была ниже ПЭХ регенерата на 8% ($p \leq 0,05$). С увеличением эхоплотности дистракционного регенерата разница между ПЭХ структур и всего регенерата уменьшалась до 35%. При оценке васкуляризации через 30 дней дистракции выявлены сосуды, показатели периферических индексов PI и RI которых были равны $1,0 \pm 0,22$ и $0,68 \pm 0,13$ соответственно ($p \leq 0,05$). В период фиксации артерии и артериолы прорастали в зону удлинения, однако визуализации были доступны лишь участки сосудов, не перекрытые костными трабекулами (табл. 2). Период дистракции в данной группе пациентов составил $65,25 \pm 9,83$ дня, а период фиксации — $80,5 \pm 8,8$ дня. Увеличение количества вновь образованных костных трабекул, а также сосудов с высокими значениями периферических индексов в зоне регенерата являлось свидетельством первичного ангиогенного остеогенеза.

Для большинства пациентов в возрасте 10–25 лет был характерен нормальный уровень остеогенеза.

Табл. 1. Сроки дистракции и фиксации (в днях) при различной степени репаративной активности дистракционного регенерата у больных ахондроплазией

Степень репаративной активности	Период дистракции	Период фиксации
Высокая	$65,25 \pm 9,83$	$89,50 \pm 11,73$
Нормальная	$80,50 \pm 8,80$	$105,00 \pm 12,40$
Низкая	$95,00 \pm 9,55$	$120,00 \pm 10,11$

Табл. 2. Динамика индексов PI и RI в процессе дистракции и фиксации у больных ахондроплазией в возрасте 6–10 лет ($M \pm m$)

Этап лечения	PI	RI
30-й день дистракции ($n=15$)	$1,00 \pm 0,22^*$	$0,68 \pm 0,13^*$
60-й день дистракции ($n=14$)	$2,25 \pm 0,32^*$	$0,82 \pm 0,16^*$
30-й день фиксации ($n=14$)	$4,90 \pm 1,051^*$	$1,0 \pm 0,46^*$
60-й день фиксации ($n=14$)	$5,30 \pm 0,32^*$	$1,0 \pm 0,16^*$

* $p < 0,05$.

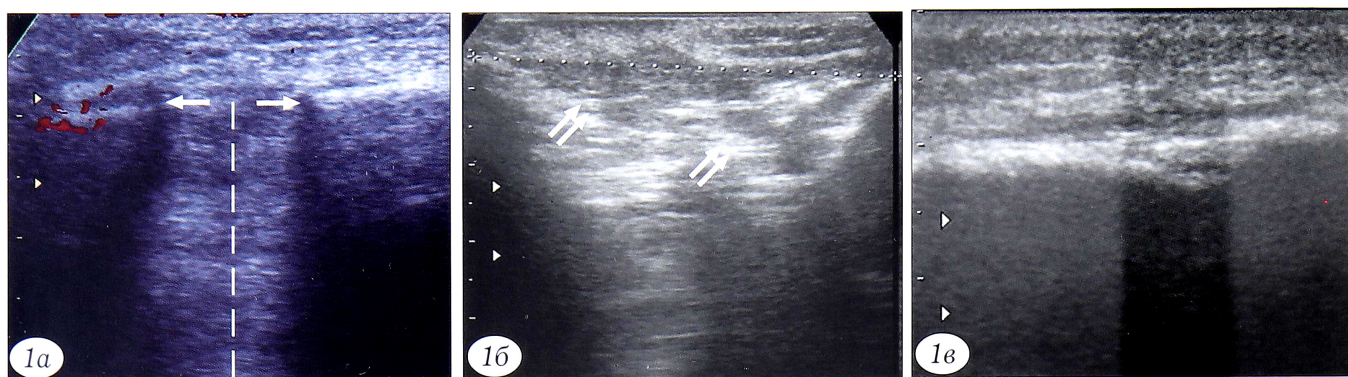
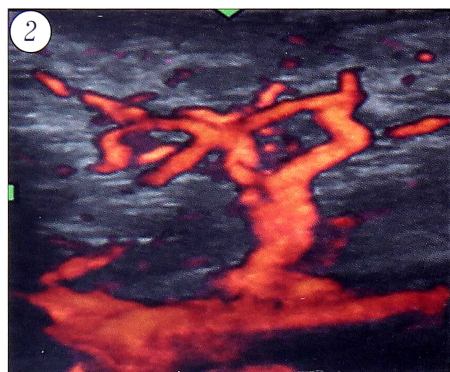


Рис. 1. Сонограммы distractionного регенерата большеберцовой кости больного Г. 9 лет с ахондроплазией.

а — 10-й день distraction, б — 30-й день distraction, в — 60-й день фиксации.

Стрелки — эхопозитивная зона регенерата; пунктирная линия — глубина проникновения ультразвука; двойные стрелки — вновь образованные костные трабекулы.

Рис. 2. Сонограммы distractionного регенерата большеберцовой кости больного ахондроплазией 12 лет в режиме 3-мерной реконструкции и энергетического доплера, 60-й день фиксации.



неза (II тип). По данным УЗИ в период distraction регенерат имел зональное строение, ширина эхопозитивной зоны соответствовала величине удлинения. Так, через 30 дней distraction регенерат имел четко выраженную эндостальную реакцию, продольно ориентированные гиперэхогенные структуры в интермедиарной области. Эхопозитивная зона регенерата равнялась величине удлинения — $0,30 \pm 0,03$ см. Показатель эхоплотности вновь образованных костных трабекул составлял $50 \pm 5\%$ ($p \leq 0,05$). К концу периода distraction (65 $\pm$ 5 дней) участки активного остеогенеза были хорошо выражены и представлены гиперэхогенными наслоениями с ПЭХ, равным $60 \pm 6\%$. Эхопозитивная зона регенерата составляла $45 \pm 4,5\%$ от величины удлинения. Период фиксации характеризовался дальнейшим заполнением интермедиарной зоны регенерата вновь образованными костными трабекулами, уменьшением размера волокнистой соединительнотканной прослойки, сужением эхопозитивной зоны регенерата. В режиме 3D-реконструк-

ции между костными фрагментами визуализировались хорошо сформированные веточки сосудов диаметром $0,09-0,12$ см (рис. 2). Период distraction и фиксации при нормальном уровне остеогенеза составил $80,5 \pm 8,8$ и $105 \pm 12,4$ дней соответственно.

У 5 пациентов при повторном удлинении голени отмечались замедленные эндостальная реакция и заполнение интермедиарной области вновь образованными костными трабекулами (III тип репаративной активности). У 2 пациентов визуализировались продольные гипоэхогенные участки без четкого контура, что соответствовало коллагеновой прослойке. Гипоэхогенные кистоподобные образования, имеющие четкий контур и усиление сигнала за ним, отмечены у 3 пациентов (рис. 3, а). Начальные признаки формирования гипоэхогенных кистоподобных очагов отмечали уже через 14–20 дней от начала distraction, когда их объем составлял $0,08 \pm 0,04$ см³, при неблагоприятном течении их размеры увеличивались до

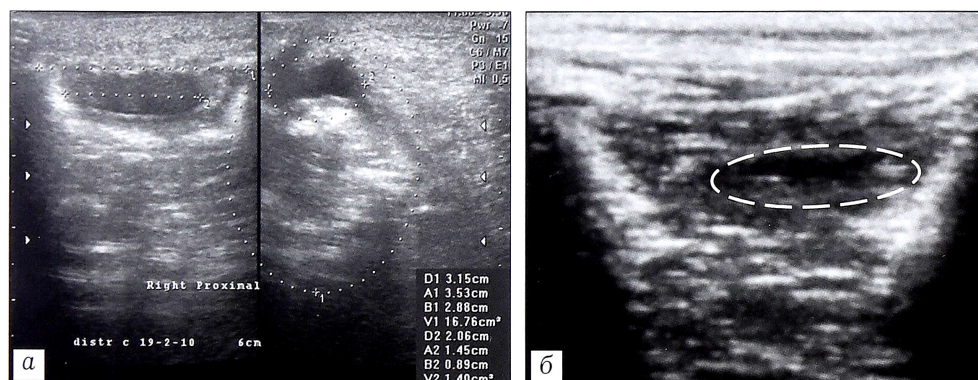


Рис. 3. Сонограммы больного ахондроплазией 22 лет в ходе повторного удлинения голени.

а — стандартный режим сканирования, 60-й день distraction. Объем гипоэхогенного очага $0,35$ см³;

б — режим 3-мерной реконструкции, 60-й день фиксации.

Пунктиром показаны овальные гипоэхогенные кистоподобные образования в интермедиарной зоне регенерата.

$0,35 \pm 0,09 \text{ см}^3$. Необходимо отметить, что при сохранении высоких темпов дистракции происходило дальнейшее увеличение размеров гипохогенных очаговых образований, а ширина эхопозитивной части регенерата соответствовала величине удлинения. При снижении темпов или временной остановке дистракции отмечались эхопризнаки начальной фибролиза и уменьшение объема очаговых образований. Гипохогенные зоны были, как правило, аваскулярны. Показатель эхоплотности дистракционного регенерата составлял 30% и менее от эхоплотности материнской кости на протяжении всего периода дистракции. Сужение эхопозитивной зоны регенерата начиналось только в процессе фиксации (рис. 3, б), гиперэхогенные фрагменты, соответствующие формирующемуся кортикальному слою, визуализировались лишь к 80-му дню фиксации.

У больных с врожденной варусной деформацией нижних конечностей первостепенной задачей являлась коррекция этой деформации. После проведения остеотомии визуализировался диастаз между отломками материнской кости размером $0,25 \pm 0,05 \text{ см}$, высота (h) между их поверхностями определялась выраженностью деформации (рис. 4, а). В ходе коррекции деформации с последующим удлинением голени происходило уменьшение высоты между костными фрагментами (рис. 4, б), а также дальнейшая органотипическая перестройка с эхопризнаками, характерными для дистракционного регенерата. В 3 (25%) случаях последующее после коррекции удлинение голени сопровождалось замедленным формированием костных трабекул в интермедиарной зоне регенерата.

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение репаративной активности с помощью метода УЗИ у больных различных возрастных групп показало, что дети с ахондроплазией в возрасте 6–9 лет обладают высоким потенциалом адаптационно-регенераторных возможностей организма, что сопровождается ускоренным формированием костных трабекул и органотипической перестройкой регенерата уже в первый месяц дистракции. Эхопризнаками преждевременной консолидации костных отломков являются цепочка гиперэхогенных фрагментов между концами материнской кости, ускоренное сужение эхопозитивной зоны регенерата уже в период дистракции. Для получения запланированной величины удлинения необходимо на протяжении всего периода дистракции поддерживать высокий темп дистракции — не менее $0,25 \text{ мм}$ 4 или 5 раз в сутки.

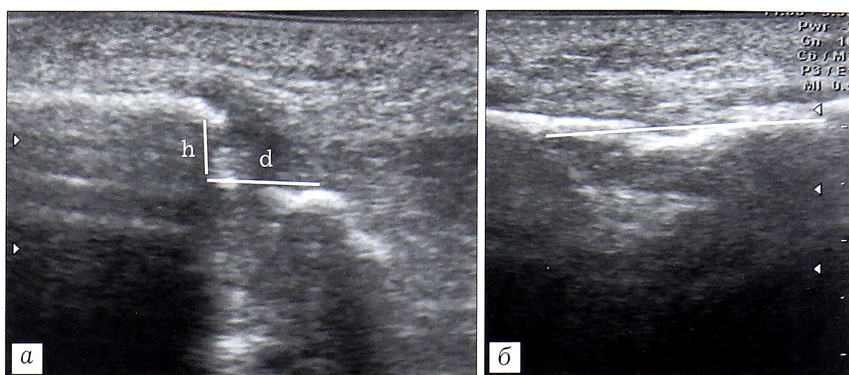


Рис. 4. Сонограммы регенерата большеберцовой кости больного Я. 22 лет с врожденной варусной деформацией нижних конечностей.

а — период коррекции 7 дней (h — высота, d — расстояние между отломками); б — 10-й день фиксации, величина удлинения 5 см.

Нормальный уровень активности остеогенеза был свойственен пациентам в возрасте 10–25 лет на первом этапе удлинения голени. Основной характеристикой данного типа является соответствие между темпом дистракции и процессом формирования костных трабекул при сохранении зоны роста. При проведении дистракции в режиме $0,25 \text{ мм}$ 3–4 раза в сутки происходило планомерное увеличение эхопозитивной зоны регенерата, ее органотипическая перестройка с формированием эндостальной реакции, заполнением интермедиарной зоны регенерата. В дистракционном регенерате репаративный процесс протекал по типу первичного ангиогенного остеогенеза и десмального остеогенеза. Последний характеризуется формированием костных структур на основе вытянутых коллагеновых волокон.

При соблюдении основных правил дистракционного остеосинтеза репаративный остеогенез протекает по типу первичного ангиогенного остеогенеза, т. е. путем преобразования элементов сосудистой стенки микроциркуляторного русла в костеобразующие клетки в течение всего периода дистракции (I и II тип).

Низкий уровень остеогенеза, вероятно, связан с истощением резервных возможностей пациентов, проходивших многоэтапное лечение, а также высоким темпом дистракции. В проведенном исследовании использование ЦДК на протяжении всего периода лечения позволило подтвердить роль первичного ангиогенного остеогенеза в формировании костных трабекул. Установлено, что дистракционный регенерат с низким уровнем остеогенеза характеризуется нарушением формирования микроциркуляторного русла, замедлением органотипической перестройки регенерата.

Заключение. Проведение динамического УЗИ позволяет выявлять индивидуальные особенности репаративного остеогенеза и корректировать тактику лечения для достижения равновесия между процессами костеобразования и дистракцией у больных ахондроплазией и с врожденной варусной деформацией голени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков А.В., Шевцов В.И., ред. Ахондроплазия: Руководство для врачей. М.: Медицина; 2001.
2. Попков А.В., Аборин С.А., Гореванов Э.А., Климов О.В. Рентгенологическая динамика репаративного остеогенеза при билочальном дистракционном остеосинтезе врожденно укороченного бедра. Гений ортопедии. 2003; 1: 64–8.
3. Шевцов В.И., Ерофеев С.А., Шрейнер А.А. Рентгенологическая динамика формирования дистракционного регенерата при удлинении конечности в условиях восьмикратной дробности дистракции. Гений ортопедии. 2003; 2: 5–9.
4. Ермак Е.Н. Возможности ультразвуковой диагностики при чрескостно-дистракционном остеосинтезе по Илизарову. Ультразвуковая диагностика. 2000; 1: 83–8.
5. Менищикова Т.И., Диндиберя Е.В., Аранович А.М. Особенности формирования дистракционного регенерата большеберцовой кости в процессе удлинения голени у больных ахондроплазией. Гений ортопедии. 2003; 1: 54–9.
6. Зубарев А.В., ред. Ультразвуковая диагностика в травматологии: Практическое руководство. 1-е изд. М.: ООО «Фирма Стром»; 2003.
7. Caruso G., Lagalla R., Derchi L., Iovane A., Sanfilippo A. Monitoring of fracture calluses with color Doppler sonography. J. Clin. Ultrasound. 2000; 28 (1): 20–7.

Сведения об авторах: Менищикова Т.И. — доктор биол. наук, ведущий науч. сотр. лаборатории функциональных исследований научного клинко-экспериментального отдела физиологии; Аранович А.М. — профессор, доктор мед. наук, зав. травматолого-ортопедическим отделением №15.

Для контактов: Менищикова Татьяна Ивановна. 640000, Курган, ул. К. Мяготина, дом 179, кв. 77. Тел.: 8 (912) 836-09-77. E-mail: tat-mench@mail.ru

REFERENCES

1. Popkov A.V., Shevtsov V.I., ed. Achondroplasia: Manual for physicians. Moscow; Meditsina; 2001 (in Russian).
2. Popkov A.V., Aborin S.A., Gorevanov E.A., Klimov O.V. Roentgenologic dynamics of reparative osteogenesis in bilocal distraction osteosynthesis of congenital femur shortening. Geniy ortopedii. 2003; 1: 64–8 (in Russian).
3. Shevtsov V.I., Erofeev S.A., Shreiner A.A. Roentgenologic dynamics of distraction regenerate formation under conditions of eight-fold subdivision of distraction. Geniy ortopedii. 2003; 2: 5–9 (in Russian).
4. Ermak E.N. Potentialities of ultrasound diagnosis in transosseous distraction osteosynthesis by Ilizarov. Ul'trazvukovaya diagnostika. 2000; 1: 83–8 (in Russian).
5. Menshchikova T.I., Dindiberya E.V., Aranovich A.V. Peculiarities of tibial distraction regenerate formation in the process of shin lengthening in patients with achondroplasia. Geniy ortopedii. 2003; 1: 54–9 (in Russian).
6. Zubarev A.V., ed. Ultrasound diagnosis in traumatology: Practical guide. 1st ed., Moscow: OOO "Firma Strom"; 2003 (in Russian).
7. Caruso G., Lagalla R., Derchi L., Iovane A., Sanfilippo A. Monitoring of fracture calluses with color Doppler sonography. J. Clin. Ultrasound. 2000; 28 (1): 20–7.

ИНФОРМАЦИЯ

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ЗАБОЛЕВАНИЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

5-7 сентября 2013 г., г. Казань,

Организаторы:

Министерство здравоохранения Российской Федерации, Министерство здравоохранения Республики Татарстан, ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, ФГБУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Казанский государственный медицинский университет, Республиканская клиническая больница МЗ РТ, Российская ассоциация травматологов-ортопедов, Русское общество тазобедренного сустава

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ:

- Актуальные вопросы диагностики, лечения и реабилитации заболеваний тазобедренного сустава у детей и взрослых.
- Преемственность при хирургическом вмешательстве на суставе, измененном вследствие врожденной патологии, оперированном в детстве.
- Эндопротезирование тазобедренного сустава.
- Особенности хирургических вмешательств на тазобедренном суставе при ДЦП, ревматоидном артрите, последствиях гематогенного остеомиелита.
- Профилактика, лечение и реабилитация повреждений области тазобедренного сустава у детей и взрослых.
- Вопросы профилактики осложнений лечения патологии тазобедренного сустава.

Секретариат:

г. Казань: Тел.: 8-905-315-01-50. E-mail: yalta60@mail.ru
г. Санкт-Петербург: Тел. 8-812-710-75-10; 710-29-70; 710-34-02, E-mail: info@altaastra.com