УДК 616.718.4-002.4-053.2(048.8)

КЛАССИФИКАЦИЯ АСЕПТИЧЕСКОГО НЕКРОЗА ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ У ДЕТЕЙ ПОСЛЕ БЕСКРОВНОГО ВПРАВЛЕНИЯ ВРОЖДЕННОГО ВЫВИХА БЕДРА

Алпысбаев Хожаахмед Шайхысламович *– к. м. н., заместитель директора по лечебной работе, заведующий отделением патологии тазобедренного сустава Республиканского центра детской ортопедии Министерства здравоохранения Республики Узбекистан.*
Джураев Ахрорбек Махмутович *– д. м. н., профессор, руководитель отделения общей ортопедии № 2 Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра травматологии и ортопедии Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан.*
Тапилов Элъяр Абдувалиевич *- врач-ординатор отделения патологии тазобедренного сустава Республиканского центра детской ортопедии Министерства здравоохранения Республики Узбекистан.*

Аннотация. В обзоре систематизированы диагностические признаки и основные классификации асептического некроза головки бедренной кости, возникающего после бескровного вправления врожденного вывиха бедра у детей. Рассмотрены критерии Salter, классификации Kalamchi–MacEwen и Bucholz–Ogden, а также значение рентгенологической степени вывиха по Tönnis для оценки исходного риска. Показано, что существующие системы по-разному отражают локализацию ишемического повреждения, поражение ростковой зоны, сформировавшуюся деформацию и функциональный прогноз. Классификация Kalamchi–MacEwen наиболее удобна для оценки нарушения роста, однако ее применение целесообразно дополнять описанием морфологии проксимального отдела бедренной кости и стандартизированной рентгенометрией. На основании анализа литературы предложена рабочая клинико-практическая классификация из четырех типов, объединяющая выраженность поражения эпифиза и физиса, ведущие деформации, прогноз роста и ориентиры лечебной тактики. Такой подход может использоваться при динамическом наблюдении, планировании реконструктивных вмешательств и сопоставлении результатов клинических исследований.

Ключевые слова: дисплазия тазобедренного сустава, врожденный вывих бедра, закрытое вправление, асептический некроз, головка бедренной кости, классификация.

Annotatsiya. Adabiyotlar sharhida bolalarda tug‘ma son chiqishini qonsiz usulda joyiga solgandan keyin rivojlanadigan son suyagi boshchasi aseptik nekrozining diagnostik belgilari va asosiy tasniflari tizimlashtirilgan. Salter mezonlari, Kalamchi–MacEwen va Bucholz–Ogden tasniflari, shuningdek dastlabki xavfni baholashda Tönnis bo‘yicha chiqish darajasining ahamiyati ko‘rib chiqilgan. Mavjud tizimlar ishemik shikastlanish joylashuvi, o‘sish zonasining zararlanishi, shakllangan deformatsiya va funksional prognozni turlicha aks ettirishi ko‘rsatilgan. Adabiyotlar tahlili asosida epifiz va fizis shikastlanish darajasi, yetakchi deformatsiyalar, o‘sish prognozi hamda davolash taktikasini birlashtiruvchi to‘rt turdan iborat ishchi klinik-amaliy tasnif taklif etilgan. Mazkur yondashuv dinamik kuzatuv, rekonstruktiv operatsiyalarni rejalashtirish va klinik tadqiqot natijalarini taqqoslashda qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: chanoq-son bo‘g‘imi displaziyasi, tug‘ma son chiqishi, yopiq joyiga solish, aseptik nekroz, son suyagi boshchasi, tasnif.

Abstract. This literature review summarizes the diagnostic signs and principal classification systems for femoral head osteonecrosis after closed reduction of congenital hip dislocation in children. Salter criteria, the Kalamchi–MacEwen and Bucholz–Ogden

classifications, and the relevance of the Tönnis grade to baseline risk assessment are discussed. Existing systems characterize different components of the disorder, including the site of ischemic injury, physeal involvement, established proximal femoral deformity, and functional prognosis. The Kalamchi–MacEwen classification is particularly useful for estimating growth disturbance, but it should be supplemented by a morphological description of the proximal femur and standardized radiographic measurements. Based on the reviewed evidence, a four-type clinical working classification is proposed that integrates epiphyseal and physeal damage, predominant deformities, growth prognosis, and treatment-oriented guidance. This approach may support longitudinal follow-up, planning of reconstructive procedures, and comparison of clinical outcomes.

Keywords: developmental dysplasia of the hip, congenital hip dislocation, closed reduction, osteonecrosis, femoral head, classification.

Введение. Асептический некроз головки бедренной кости (АНГБК), или остеонекроз, остается одним из наиболее значимых осложнений лечения врожденного вывиха бедра (ВВБ) и тяжелых форм дисплазии тазобедренного сустава. Ишемическое повреждение способно нарушать рост эпифиза и шейки бедра, изменять конгруэнтность сустава и приводить к стойким деформациям проксимального отдела бедренной кости (ПОБК). При длительном наблюдении последствия включают «coxa breva», «coxa vara» или «coxa valga», относительное высокое стояние большого вертела, асферичность головки и вторичную ацетабулярную дисплазию [1–4, 6, 15].

Клиническая значимость АНГБК определяется не только частотой осложнения, но и отсроченным характером его проявлений. Ранние рентгенологические изменения могут быть малозаметными, тогда как выраженное нарушение роста становится очевидным спустя годы. Поздняя диагностика ограничивает возможности профилактической коррекции и повышает вероятность сложных, нередко этапных реконструктивных вмешательств [3, 11, 16].

Исторически терминология и критерии АНГБК после вправления ВВБ были неоднородными. Одни классификации описывают ранние признаки ишемического поражения, другие — локализацию повреждения ростковой зоны или уже сформировавшийся морфологический исход. Это затрудняет сопоставление публикаций, оценку прогноза и формирование единых показаний к хирургической коррекции [10, 17].

Цель обзора. Систематизировать клинико-рентгенологические критерии и классификации АНГБК после бескровного вправления ВВБ у детей, определить их прогностическую и практическую ценность и предложить рабочую классификацию, ориентированную на динамическое наблюдение и выбор лечебной тактики.

Материал и методы анализа литературы. Проведен тематический анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных АНГБК после консервативного и хирургического лечения дисплазии тазобедренного сустава у детей. Приоритет отдавался работам, в которых описаны диагностические критерии, классификации, факторы риска, воспроизводимость рентгенологических оценок и отдаленные функциональные исходы. В итоговый библиографический список включены 20 источников, непосредственно связанных с предметом обзора.

Диагностические критерии асептического некроза. Классическая работа R. B. Salter и соавторов сформировала представление об АНГБК как об ишемическом осложнении лечения врожденного вывиха бедра. Авторы показали, что чрезмерное отведение и ротация бедра могут нарушать кровоснабжение эпифиза, и предложили рентгенологические признаки, позволяющие отличать патологическое повреждение от нормальной вариабельности оссификации [18].

1. Задержка появления или роста ядра окостенения. Отсутствие появления ядра окостенения либо прекращение его увеличения в течение года и более после вправления расценивается как признак ишемического повреждения.

2. Фрагментация ядра окостенения. Неоднородность плотности и распад ядра на отдельные фрагменты отражают некроз и последующую резорбцию костной ткани.

3. Изменение формы и плотности. Склероз проявляется повышенной рентгенологической плотностью, а уплощение — утратой сферичности головки под действием механической нагрузки.

4. Расширение шейки бедренной кости. Увеличение ширины метафизарной зоны является вторичным признаком нарушенного роста и ремоделирования.

5. Поражение ростковой зоны. Повреждение физиса имеет наибольшее прогностическое значение, поскольку может приводить к укорочению шейки, угловой деформации и относительному возвышению большого вертела.

Эти признаки нередко становятся отчетливыми лишь через 6–12 месяцев после завершения иммобилизации. Поэтому отсутствие изменений на ранней рентгенограмме не исключает последующего нарушения роста; необходимы стандартные снимки в динамике и сопоставление с противоположным суставом [7, 18].

Классификация Kalamchi–MacEwen

Классификация Kalamchi–MacEwen основана на анатомической локализации ишемического поражения эпифиза и ростковой зоны проксимального отдела бедра и включает четыре группы [12].

I тип — преимущественное поражение эпифиза или ядра окостенения без выраженного повреждения ростковой зоны;

II тип — поражение латеральной части физиса с возможным вовлечением эпифиза;

III тип — поражение центральной части физиса с возможным вовлечением эпифиза;

IV тип — тотальное поражение ростковой зоны и эпифиза.

Главное достоинство системы заключается в связи локализации физарного повреждения с характером будущей деформации. При I типе могут преобладать изменения формы эпифиза без значимого нарушения длины шейки; при II типе типичны латеральный ростовой блок, укорочение латеральной части шейки, «coxa valga» и относительное высокое стояние большого вертела; при III и IV типах возрастает риск тяжелой многоплоскостной деформации и нарушения конгруэнтности [2, 11, 12].

II тип представляет особый практический интерес, поскольку деформация может прогрессировать медленно и становиться очевидной уже после восстановления структуры головки. Латеральный крен эпифиза, нарушение линии Шентона, формирование костного мостика в наружной части физиса и проксимальная миграция большого вертела постепенно ухудшают биомеханику отводящего аппарата. В таких случаях оценка должна включать шеечно-диафизарный угол, покрытие головки вертлужной впадиной, положение большого вертела и артикулотрохантерная дистанция (articular–trochanteric distance) [2, 16].

Классификация Kalamchi–MacEwen широко используется в исследованиях, однако интерпретация отдельных типов зависит от возраста ребенка, стадии ремоделирования и качества рентгенограмм. Данные о межнаблюдательной согласованности неоднородны, что требует четкого описания критериев и совместного анализа серийных снимков [13, 17].

Классификация Bucholz–Ogden

Bucholz и Ogden предложили четыре рентгенологических паттерна ишемического повреждения проксимального отдела бедренной кости при консервативно леченном врожденном заболевании тазобедренного сустава [8]. В отличие от рост-

ориентированного подхода Kalamchi–MacEwen, эта система в большей степени характеризует морфологический результат ишемии - форму эпифиза и шейки, особенности роста и остаточную деформацию.

Преимуществом классификации является возможность компактного описания сформировавшегося рентгенологического паттерна. Ограничениями служат менее прямая связь с анатомией ростковой зоны у маленьких детей и сравнительно невысокая воспроизводимость. В исследовании надежности даже у специалистов отмечалась вариабельность внутри и межнаблюдательных оценок, способная снижать валидность сравнительных серий и метаанализов [17].

Для научной и клинической практики рационально указывать тип по Kalamchi–MacEwen как основу прогноза роста, а при необходимости дополнять его морфологическим описанием по Bucholz–Ogden и количественной рентгенометрией. Такое сочетание уменьшает потерю информации, возникающую при использовании единственной категориальной шкалы.

Роль классификации Tönnis. Классификация Tönnis не является классификацией АНГБК. Она отражает исходную степень смещения головки бедренной кости при дисплазии тазобедренного сустава и поэтому используется как один из показателей сложности вправления и потенциального риска осложнений. Оценка основана на положении центра ядра окостенения относительно линий Хильгенрейнера, Перкина и горизонтального уровня верхнелатерального края вертлужной впадины. Метод ограничен у детей, у которых ядро окостенения еще не появилось или визуализируется недостаточно четко [6, 15].

При интерпретации исходов важно не смешивать степень вывиха по Tönnis с типом постредукционного остеонекроза. Первая характеризует исходную анатомическую тяжесть заболевания, тогда как классификации Kalamchi–MacEwen и Bucholz–Ogden описывают последствия ишемического повреждения.

Современная оценка риска и исходов. Опубликованные серии демонстрируют значительную вариабельность частоты АНГБК после закрытого вправления. Это связано с различиями в возрасте пациентов, исходной тяжести вывиха, методике репозиции, положении иммобилизации, сроках наблюдения и используемых диагностических критериях. Систематические обзоры подчеркивают, что сравнение результатов допустимо только при четком определении АНГБК и достаточной продолжительности наблюдения [6, 14, 19].

Среди обсуждаемых факторов риска — возраст на момент вправления, выраженность смещения, необходимость повторных попыток репозиции, крайние положения отведения в гипсовой повязке, отсутствие или малый размер ядра окостенения и нарушение перфузии после вправления. При этом доказательность отдельных факторов остается неодинаковой. Метаанализы не подтверждают универсальной защитной роли ожидания появления ядра окостенения, а данные о профилактической тракции также противоречивы [14, 15].

Функциональный исход не всегда прямо соответствует рентгенологической категории. У части детей даже при признаках остеонекроза сохраняется приемлемая функция в детском и подростковом возрасте, однако ростовые деформации могут прогрессировать до зрелости. Поэтому оценка должна объединять морфологию, динамику роста, клиническую функцию и жалобы пациента [16].

Клинико-рентгенологическая оценка в динамике. Диагностика АНГБК должна основываться на последовательном сравнении рентгенограмм, выполненных в сопоставимых проекциях. Однократный снимок отражает только конкретную фазу оссификации и ремоделирования и может недооценивать как раннее ишемическое

повреждение, так и поздний ростовой блок. На раннем этапе обращают внимание на задержку появления или увеличения ядра окостенения, изменение его плотности, фрагментацию и расширение метафиза. В дальнейшем основное значение приобретают форма головки, состояние физиса, длина и наклон шейки, положение большого вертела и соотношения в суставе [7, 10, 18].

Для количественного наблюдения целесообразно фиксировать шеечно-диафизарный угол, ацетабулярный индекс, степень покрытия головки, непрерывность линии Шентона, признаки латерализации и артикулотрохантерная дистанция (articular–trochanteric distance). Набор показателей выбирают с учетом возраста и степени оссификации. Изменение одного параметра не следует интерпретировать изолированно: например, уменьшение articular–trochanteric distance может отражать как относительное возвышение большого вертела вследствие укорочения шейки, так и сочетанную деформацию всего проксимального отдела бедра [2, 11].

Особое внимание требуется при разграничении обратимых изменений ядра окостенения и истинного поражения ростковой зоны. Временная задержка оссификации без прогрессирующей деформации может иметь благоприятный исход. Напротив, асимметричное закрытие физиса и формирование костного мостика создают предпосылки для постепенной угловой деформации даже после рентгенологического восстановления структуры эпифиза. Поэтому окончательная оценка типа поражения нередко возможна лишь при достаточном сроке наблюдения [12, 13].

Магнитно-резонансная томография может дополнять рентгенографию на этапах, когда требуется оценить положение головки бедренной кости после вправления, состояние хрящевых структур или признаки нарушения перфузии. Однако классификации АНГБК исторически разработаны для рентгенограмм, и перенос их категорий на МР-изображения без единых критериев может снижать сопоставимость результатов. В научных работах необходимо указывать метод визуализации, сроки исследования после вправления и минимальную продолжительность последующего наблюдения.

Клиническая оценка включает амплитуду движений, наличие боли, хромоты, симптом Тренделенбурга, разницу длины конечностей и выносливость при нагрузке. Эти данные особенно важны при выборе времени реконструктивного вмешательства. Рентгенологически выраженная деформация при удовлетворительной функции не всегда требует немедленной операции, тогда как прогрессирующая потеря центрации, снижение рычага отводящих мышц или нарастающий болевой синдром могут обосновывать более активную тактику [11, 16].

Таким образом, классификационный тип следует рассматривать как часть структурированного заключения, а не как самостоятельный диагноз. Полноценное заключение должно содержать сторону поражения, исходный метод лечения ВВБ, возраст при вправлении, тип АНГБК, ведущую деформацию, количественные рентгенометрические параметры, состояние вертлужной впадины и клиническую функцию. Такой формат делает динамику понятной для разных специалистов и повышает качество сопоставления результатов лечения.

Ограничения существующих классификаций. Ни одна из существующих систем не обладает одновременно высокой воспроизводимостью, полной прогностической точностью и непосредственной связью с лечебной тактикой. Наиболее частые ограничения включают различную трактовку границ физарного поражения, отсутствие единых измерительных порогов, влияние возраста и стадии ремоделирования, неодинаковое качество рентгенограмм и недостаток длительных многоцентровых наблюдений до завершения роста [10, 13, 17].

Практическая классификация должна быть применима при стандартном клинико-рентгенологическом обследовании, учитывать ростовой потенциал, отражать ведущую деформацию и подсказывать направление коррекции. При этом тип может уточняться по мере роста ребенка, поскольку ранняя ишемическая картина и окончательный морфологический исход не всегда совпадают.

Рабочая клинико-практическая классификация. На основании анализа литературы предлагается рабочая четырехтипная классификация, объединяющая: 1) степень поражения эпифиза и физиса; 2) сформировавшиеся деформации ПОБК; 3) функциональные последствия; 4) ориентиры лечебной тактики. Она не заменяет общепринятые системы, а дополняет их практической интерпретацией.

Тип	Клинико-рентгенологическая характеристика	Ведущие деформации проксимального отдела бедра	Диагностико-лечебная тактика
I	Ограниченное поражение эпифиза без выраженного нарушения ростковой зоны; сферичность головки относительно сохранена.	Минимальные остаточные изменения: «coxa magna» или умеренная асферичность ГБК без значимого укорочения шейки.	Динамическое наблюдение, стандартизированная рентгенометрия, профилактика и контроль остаточной дисплазии; хирургическая коррекция только при прогрессировании.
II	Частичное поражение ростковой зоны, преимущественно латеральное; формируется асимметрия роста.	Coxa valga или coxa breva, укорочение шейки, относительное высокое стояние большого вертела, латеральный наклон эпифиза.	Корригирующая межвертельная остеотомия по показаниям. При открытой ростковой зоне и прогрессирующем возвышении большого вертела — рассмотрение апофизиодеза; при выраженной недостаточности отводящих мышц и завершении роста — транспозиция большого вертела.
III	Значимое поражение эпифиза и физиса с прогрессирующей деформацией и нарушением конгруэнтности.	«Coxa vara» или «coxa valga», асферичность головки, укорочение шейки, нарушение рычага отводящих мышц, остаточная ацетабулярная дисплазия.	Комбинированная реконструкция: центрация головки, варизирующая или вальгизирующая межвертельная остеотомия; вмешательство на большом вертеле; ацетабулопластика или остеотомия таза по показаниям.
IV	Тотальное поражение ростковой зоны и	«Coxa plana», «coxa magna», выраженная	Индивидуально спланированные многоуровневые реконструктивные

Тип	Клинико-рентгенологическая характеристика	Ведущие деформации проксимального отдела бедра	Диагностико-лечебная тактика
	грубая деформация головки и шейки бедра.	деформация ПОБК, подвывих или вторичный вывих, тяжелое нарушение функции.	вмешательства с коррекцией соотношения головка–шейка и центрацией сустава; при невозможности восстановления конгруэнтности — паллиативная стратегия и подготовка к лечению (эндопротезированию) во взрослом возрасте.

Предложенная схема предназначена для клинической коммуникации и планирования наблюдения. Выбор конкретного вмешательства не может определяться только типом классификации: он зависит от возраста, остаточного роста, центрации и конгруэнтности сустава, состояния вертлужной впадины, функции отводящих мышц и жалоб пациента.

Заключение. АНГБК после бескровного вправления врожденного вывиха бедра представляет собой динамическое нарушение роста, а не только рентгенологический эпизод некроза. Критерии Salter позволяют распознавать ишемическое повреждение, классификация Kalamchi–MacEwen связывает локализацию поражения физиса с прогнозом деформации, а система Bucholz–Ogden характеризует сформировавшийся морфологический паттерн. Степень по Tönnis следует рассматривать отдельно — как показатель исходной тяжести вывиха, но не как тип остеонекроза.

Для практики наиболее информативен комбинированный подход: указание типа по Kalamchi–MacEwen, описание морфологии ПОБК, стандартизированная рентгенометрия и оценка функции в динамике. Предложенная рабочая классификация из четырех типов объединяет эти компоненты и может служить основой для клинического наблюдения, планирования реконструктивного лечения и унификации научных исследований. Её воспроизводимость и прогностическая ценность требуют последующей проверки в проспективных многоцентровых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахтеева Н. Х., Винокуров В. А., Норкин И. А., Персова Е. А. Консервативное лечение детей с врожденным вывихом бедра // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. 2003. № 4. С. 34–38.

2. Белецкий А. В., Соколовский О. А., Лихачевский Ю. В., Ковальчук О. В. Особенности формирования деформации проксимального отдела бедренной кости (II тип по Kalamchi) и ее диагностика // Ортопедия, травматология и протезирование. 2011. № 4. С. 5–12.

3. Волокитина Е. А., Макушин В. Д., Данилова И. М., Чепелова М. В. Диагностика дегенеративно-дистрофического процесса в тазобедренных суставах у детей и подростков // Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии. Санкт-Петербург, 2000. С. 167–170.

4. Поздникин И. Ю. К вопросу о результатах хирургического лечения детей младшего возраста с врожденным вывихом бедра // Травматология и ортопедия XXI века: тезисы VIII съезда травматологов-ортопедов России. Самара, 2006. Т. 2. С. 959.

5. Турсунова С. А., Файзиматов М. А., Алпысбаев Х. Ш. Определение стабильности тазобедренного сустава в постиммобилизационном периоде у детей с врожденным вывихом бедра с помощью УЗИ // Остеоиндуктивные подходы в травматологии и

ортопедии: материалы республиканской научно-практической конференции. Ташкент, 2005. С. 173–174.

6. Bradley C. S., Perry D. C., Wedge J. H. et al. Avascular necrosis following closed reduction for treatment of developmental dysplasia of the hip: a systematic review // Journal of Children's Orthopaedics. 2016. Vol. 10, No. 6. P. 627–632.

7. Brougham D. I., Broughton N. S., Cole W. G., Menelaus M. B. Avascular necrosis following closed reduction of congenital dislocation of the hip: review of influencing factors and long-term follow-up // Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume. 1990. Vol. 72, No. 4. P. 557–562.

8. Bucholz R. W., Ogden J. A. Patterns of ischemic necrosis of the proximal femur in nonoperatively treated congenital hip disease // The Hip: Proceedings of the Sixth Open Scientific Meeting of the Hip Society. St. Louis: C. V. Mosby, 1978. P. 43–63.

9. Firth G. B., Robertson A. J. F., Schepers A., Fatti L. Developmental dysplasia of the hip: open reduction as a risk factor for substantial osteonecrosis // Clinical Orthopaedics and Related Research. 2010. Vol. 468. P. 2485–2494.

10. Gage J. R., Winter R. B. Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis as a complication of closed reduction of congenital dislocation of the hip // Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. 1972. Vol. 54, No. 2. P. 373–388.

11. Joo S. Y., Kocher M. S., Millis M. B. The overgrowth of the greater trochanter: a biomechanical analysis // Journal of Pediatric Orthopaedics. 2008. Vol. 28, No. 3. P. 341–345.

12. Kalamchi A., MacEwen G. D. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip // Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. 1980. Vol. 62, No. 6. P. 876–888.

13. Ömeroğlu H., Biçimoğlu A., Ağuş H., Tümer Y. Intraobserver and interobserver reliability of Kalamchi and MacEwen's classification system for avascular necrosis of the femoral head in developmental hip dysplasia // Journal of Pediatric Orthopaedics B. 1999. Vol. 8, No. 2. P. 114–118.

14. Park K. B., Vaidya V. N., Shin H. et al. Prereduction traction for the prevention of avascular necrosis before closed reduction for developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis // Therapeutics and Clinical Risk Management. 2018. Vol. 14. P. 1253–1260.

15. Roposch A., Stöhr K. K., Dobson M. The effect of the femoral head ossific nucleus in the treatment of developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis // Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. 2009. Vol. 91, No. 4. P. 911–918.

16. Roposch A., Liu L. Q., Offiah A. C., Wedge J. H. Functional outcomes in children with osteonecrosis secondary to treatment of developmental dysplasia of the hip // Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume. 2011. Vol. 93, No. 24. Art. e145.

17. Roposch A., Wedge J. H., Riedl G. Reliability of Bucholz and Ogden classification for osteonecrosis secondary to developmental dysplasia of the hip // Clinical Orthopaedics and Related Research. 2012. Vol. 470. P. 3499–3505.

18. Salter R. B., Kostuik J., Dallas S. Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation // Canadian Journal of Surgery. 1969. Vol. 12. P. 44–61.

19. Wang Y. J. et al. Association between open or closed reduction and avascular necrosis in developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis // Medicine. 2016. Vol. 95, No. 29. Art. e4276.

20. Wu J. P., Yuan Z., Li J., Xu H. Does the size of the femoral head correlate with the incidence of avascular necrosis of the proximal femoral epiphysis in children with developmental dysplasia of the hip treated by closed reduction? // Journal of Children's Orthopaedics. 2020. Vol. 14, No. 3. P. 175–183.