

ЛЬЮРОВ
ДЕНИС АЛЕКСЕЕВИЧ

МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦВЕТОВОГО КАРТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКОЙ
РЕНТГЕНОВСКОЙ ПЛОТНОСТИ В ДИАГНОСТИКЕ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОЙ
ФАЗЫ ОСТРОГО ГЕМАТОГЕННОГО ОСТЕОМИЕЛИТА У ДЕТЕЙ

3.1.25. Лучевая диагностика

3.1.11. Детская хирургия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научные руководители: доктор медицинских наук, профессор
Поздняков Александр Владимирович

доктор медицинских наук, доцент
Сварич Вячеслав Гаврилович

Официальные оппоненты: Шолохова Наталия Александровна
доктор медицинских наук, доцент, заведующая
отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Детская
городская клиническая больница святого Владимира
Департамента здравоохранения города Москвы»

Разин Максим Петрович
доктор медицинских наук, профессор, заведующий
кафедрой детской хирургии ФГБОУ ВО «Кировский
государственный медицинский университет» Минз-
драва России

Ведущая организация: ФГБУ «Национальный медицинский исследова-
тельский центр травматологии и ортопедии им. акад.
Г.А. Илизарова» Минздрава России

Защита диссертации состоится «___» _____ 2024 г. в ___ час на заседании диссертационного совета 21.1.028.03 при ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (191014, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова и на сайте: <http://www.almazovcenter.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор Иванова Наталья Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

На сегодня острый гематогенный остеомиелит (ОГО) у детей остается одним из важнейших разделов гнойной хирургии детского возраста. По данным Всемирной организации здравоохранения его доля составляет от 12,5% до 47% (Махмудов З.М., 2020; Умарова Б.Х., 2023). Данные по летальности больных с ОГО варьируются в пределах от 5% до 11% (Андреев Д.А. и др., 2006; Шипицина И.В., 2024; Fullilove S., 2000; Arnold S.R., 2006; Bassiri-Jahromi S., 2011; Alvarez L., 2012). Сроки диагностики у детей с ОГО зависят от степени выраженности изменений, которые начинают проявляться в первые 2-3 суток от начала заболевания (Красовская Т.В. и соавт., 1993; Шолохова Н.А. и соавт., 2021; Разин М.П. и соавт., 2021; Стрелков Н.С. и соавт., 2023; Юсупов Ш.А., 2024; Alvares P.A., Mimica M.J., 2020; Congedi S. et al., 2020; Martinez-Lorca A. et al., 2024; Liu CG. et al., 2024; Rafferty VA. et al., 2024). Следует отметить, что при выходе воспалительного процесса за пределы костномозговой полости с развитием поднадкостничной флегмоны диагностика считается поздней (Агжигитов Г.Н. и соавт., 1998; Семакин А.С. и соавт., 2020).

Традиционный и широко распространенный метод рентгенографии отражает только грубые структурные изменения костной ткани, выявляющиеся не ранее 10 суток от начала заболевания (Рейнберг С.А., 1964; Державин В.М., 1965; Рубашева А.Е., 1967; Гринев М.В., 1977; Сулова О.Л., 1989; Рахимов С.Р., 1996; Шолохова Н.А. и соавт., 2021; Шамик В.Б., Биналиев И.О., 2023; Ибрагимова Л.В., Юнусова И.Г. 2024; Bury DC. et al., 2021; Jha Y., Chaudhary K., 2022). Существует мнение, что при ультразвуковом исследовании отсутствие изменений “акустической плотности” кортикального слоя в начальной стадии, не исключает ОГО в связи с невысокой чувствительностью (77%) этого признака (Марочко Н.В., 2006; Полковникова С.А., 2009).

До сих пор противоречиво освещается вопрос о диагностических возможностях мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с применением цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в диагностике ОГО у детей.

Все вышеизложенное обуславливает актуальность данного исследования к ранней диагностике интрамедуллярной фазы ОГО.

Степень разработанности темы

Такой лучевой метод, как рентгенография, не позволяет выявить ранние признаки ОГО (Шамик В.Б., Биналиев И.О., 2023; Bury DC. et al., 2021; Jha Y., Chaudhary K., 2022). Ультразвуковое исследование (УЗИ) в интрамедуллярной фазе процесса характеризуется довольно низкой чувствительностью, что напрямую связано с трудностями при визуализации отечной надкостницы (Марочко Н.В., 2006, Полковникова С.А., 2009) и обладает достаточно низкой чувствительностью (65,3%) и невысокой диагностической точностью (75%) (Шамсиев Ж.А. и соавт., 2020).

Сцинтиграфия является наиболее чувствительным методом для выявления ранних признаков остеомиелита, но обладает низкой специфичностью и анатомическим разрешением и ее эффективность оценивается неоднозначно в диагностике ОГО у детей (Дудин М.Г., Даниелян О.А., 1994; Гаркаленко Ю.Е., Поздеев А.П., 2005; Бергалиев А.Н., 2009; Franquet T. et al., 1997).

Сегодня магнитно-резонансная томография (МРТ) стала рекомендуемым методом исследования пациентов с подозрением на остеомиелит (Шамик В.Б., Биналиев И.О. 2023; Lee YJ. et al., 2016; Gornitzky A.L. et al., 2020; Habre C. et al., 2022). Сокращенное исследование МРТ с использованием только чувствительных к жидкости последовательностей имеет высокую степень чувствительности (Ч) 100% и специфичности (С) 61,3% для выявления инфекции опорно-двигательного аппарата у детей (Markhardt BK. et al., 2019; Bury D.C. et al., 2021).

Однако, при МРТ основной проблемой является определение причины отека, что требует проведения дифференциального диагноза с другими заболеваниями (Karchevsky M. et al., 2004).

В последние годы роль рентгеновской компьютерной томографии в диагностике острого, подострого и хронического гематогенного остеомиелита у детей получила значительное признание в детской хирургической практике (Warmann SW. et al., 2011). В настоящее время существует мнение, что рентгеновская компьютерная томография может быть методом выбора в ранней диагностике интрамедуллярной фазы ОГО у детей (Баранов Д.А. и соавт., 2020). В литературе отсутствуют работы по оценке состояния костного мозга при МСКТ с применением цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в интрамедуллярной фазе ОГО.

Цель исследования

Улучшить результаты диагностики и хирургического лечения интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита у детей на основе применения метода мультиспиральной компьютерной томографии с цветовым картированием и оценкой рентгеновской плотности костных структур.

Задачи исследования

1. Определить оптимальную методику МСКТ для ранней диагностики острого гематогенного остеомиелита длинных трубчатых костей у детей.

2. Изучить количественные и качественные характеристики МСКТ с методикой цветового картирования и количественной оценкой рентгеновской плотности в интрамедуллярную фазу течения острого гематогенного остеомиелита у детей.

3. Определить роль цветового картирования и количественной оценки рентгеновской плотности в ранней диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей.

4. Разработать и внедрить оптимальный алгоритм клиничко-лучевого обследования и хирургического лечения детей при подозрении на острый гематогенный остеомиелит в ранней стадии течения заболевания.

Научная новизна

Впервые изучены возможности ранней диагностики интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита с использованием методики виртуального угла (Патент РФ № 2737223 от 26.11.2020). Установлены значения рентгеновской плотности характерные для интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита ($p < 0,05$). Определена диагностическая значимость цветового картирования при диагностике интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита. Доказана высокая информативность разработанной методики МСКТ при обследовании детей с острым гематогенным остеомиелитом, с целью выявления отека костного мозга, как проявления раннего признака течения острого гематогенного остеомиелита. Разработан оптимальный алгоритм комплексного клиничко-лучевого обследования и хирургического лечения, позволяющий улучшить результаты диагностики и лечения острого гематогенного остеомиелита у детей ($p < 0,05$). Повышена точность выбора области хирургического вмешательства при остром гематогенном остеомиелите у

детей за счет четкого определения границ воспалительных изменений в костномозговом канале ($p < 0,05$).

Теоретическая и практическая значимость

Разработан алгоритм клинико-лучевого исследования и хирургического лечения с применением мультиспиральной компьютерной томографии с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в интрамедуллярную фазу течения острого гематогенного остеомиелита у детей.

Разработанная методика МСКТ с применением цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в ранней фазе течения острого гематогенного остеомиелита позволяет получить статистически достоверные данные ($P < 0,05$) о наличии воспалительного процесса в костномозговом канале трубчатых костей у детей. Достоверно оценена распространенность воспалительного отека по костномозговому каналу в первые сутки от начала заболевания; повышена точность выбора места остеоперфорации, для снижения внутрикостного давления, что необходимо для своевременности хирургического вмешательства и уменьшения сроков стационарного лечения, а также для проведения дифференциального диагноза острого гематогенного остеомиелита с другими заболеваниями, проявляющимися поражением костного мозга.

Методология и методы исследования

Объект исследования: пациенты с заболеванием трубчатых костей, проявляющимся отеком костного мозга, в том числе и с острым гематогенным остеомиелитом, а также пациенты из групп сравнения №1 не имеющих клинико-лабораторных признаков воспалительного поражения костей и группы сравнения №2 с ретроспективной оценкой.

Предмет исследования: трубчатые кости пациентов с острым гематогенным остеомиелитом и его осложнениями.

Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, посвященной проблеме диагностики заболеваний, проявляющихся отеком костного мозга, в частности, при остром гематогенном остеомиелите. Всего изучено и проанализировано 315 источников литературы, из них 129 отечественных и 186 иностранных.

Разработана методика МСКТ для диагностики отека костного мозга, которая основывается на анализе качественных показателей цветового картирования, измерении количественных показателей рентгенологической плотности и доказана их информативность.

Проведен сравнительный анализ основных диагностических параметров рентгенографии, УЗИ, МРТ, МСКТ, использованных для выявления острого гематогенного остеомиелита трубчатых костей у детей. Применялась МСКТ с использованием количественной и качественной оценки у пациентов группы наблюдения и группы сравнения №1.

Исследованы возможности МСКТ с применением комплексной методики цветового картирования и оценки рентгеновской плотности, которые позволяют в первые сутки от начала заболевания выявить и определить распространенность воспалительного отека в костномозговом канале, как наиболее раннего признака развития ОГО в трубчатых костях.

Оценены результаты хирургического лечения в интрамедуллярной фазе острого гематогенного остеомиелита.

Исследование является проспективным и выполнено согласно принципам доказательной медицины и клинико-диагностических методов исследования с обработкой полученных результатов.

В работе использованы методы обработки и анализа данных, отвечающих требованиям к научно-исследовательской работе (IBM SPSS Statistics 22).

Положения, выносимые на защиту

1. Мультиспиральная компьютерная томография с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности являются методом ранней диагностики острого воспалительного процесса в длинных трубчатых костях при остром гематогенном остеомиелите у детей.

2. Применение предложенного алгоритма диагностики у детей разных возрастных периодов жизни позволяет определить ОГО на ранней стадии возникновения.

3. МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности у детей позволяет уточнить сроки и объем хирургического вмешательства, что статистически достоверно способствует улучшению результатов хирургического лечения острого гематогенного остеомиелита.

Степень достоверности и апробации результатов исследования

Степень достоверности результатов проведенного исследования определена репрезентативным и достоверным объемом выборки пациентов (n=205), использованием современных методов диагностики (цифровая рентгенография, УЗИ на аппаратах высокого и экспертного класса, МРТ с индукцией магнитного

поля 1,5Тл, 16-срезовый МСКТ), а также обработкой полученных данных адекватными методами математической статистики (SPSS Statistics 22).

Материалы диссертации доложены и обсуждены на Невском радиологическом форуме «Современный подход к ранней диагностике ОГО у детей» (апрель 2018 года), на VIII Республиканской научно-практической конференция «Лучевая диагностика костно-суставной патологии» (апрель 2018 года).

Личный вклад автора в получении результатов

Автором лично определены цель и задачи исследования, разработана программа и макеты документов статистического исследования (вклад 60%); лично обследовано большинство пациентов, включенных в программу статистического исследования (вклад 65%); значительно дополнена семиотика мультиспиральной компьютерной томографии при диагностике ОГО, разработан способ ранней диагностики ОГО длинных трубчатых костей у детей (вклад 60%); обобщены результаты и проведен анализ полученных данных, на основе которого сделаны выводы и даны практические рекомендации (вклад 55%).

Внедрение результатов работы в практику

Результаты диссертационной работы внедрены и успешно применяются в отделениях лучевой диагностики и хирургии Государственного учреждения здравоохранения Республики Коми «Республиканская детская клиническая больница», г. Сыктывкар;

Теоретические положения внедрены в учебный процесс на кафедре медицинской биофизики и физики Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, на кафедре хирургических болезней детского возраста им Г.А. Баирова Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, на кафедре хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина».

Публикации

По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, в том числе 1 патент РФ на изобретение (№ 2737223, 2020), опубликовано 1 учебное пособие и 1 учебно-методическое пособие.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 223 страницах, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа иллюстрирована 86 рисунками и имеет 18 таблиц. Список литературы содержит 315 источника, (129 отечественных и 186 иностранных, соответственно).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Обследовано 309 пациентов в возрасте от 1 месяца до 18 лет с подозрением на острый гематогенный остеомиелит, находившиеся в 2008-2022 гг. на стационарном лечении в хирургическом и ортопедическом отделениях Республиканской детской клинической больницы г. Сыктывкара. В хирургическом отделении наблюдалась исследуемая группа детей с подозрением на ОГО различной локализации с поражением костей и суставов - n=205 (66,4%). В ортопедическом отделении - группа сравнения №1 - n=104 (33,6%), обследуемых по поводу деструктивных изменений костей (с фиброзной дисплазией и костными кистами). Все пациенты из группы сравнения №1 не имели клинико-лабораторных признаков воспалительного поражения костей. Также в исследование включены данные обследования группы сравнения №2 n=148, с ретроспективной оценкой за период 2000-2008гг с ОГО различной локализации с поражением трубчатых костей и суставов, в этой группе проводились все исследования кроме МСКТ и МРТ.

В группе наблюдения ОГО был подтвержден у 174 (85%) пациентов. У 31 (15%) пациента диагноз ОГО был исключен. В группе исключения у 18 детей имелся реактивный артрит, у 9 - поднадкостничный перелом, у 2 - костная саркома, по 1 пациенту имели гистиоцитоз X и костно-суставной туберкулез.

Всем детям в группе наблюдения проведены: общеклинические анализы крови и мочи, ультразвуковое исследование, рентгенография и мультиспиральная компьютерная томография с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности пораженного участка кости, определение внутрикостного давления (ВКД) при пункции костномозгового канала с последующим проведением бактериоскопического и микробиологического исследования содержимого последнего.

Из них магнитно-резонансная томография (МРТ) пораженной конечности была выполнена 30 пациентам с подозрением на ОГО, поступившим в сроки до 72 часов от начала заболевания.

Группа сравнения №1 (ГС) включала 104 пациента, без клинико-лабораторных признаков воспалительного поражения костей, которым было проведено МСКТ с методикой цветного картирования и оценкой рентгеновской плотности. Показания для проведения МСКТ в контрольной группе являлась костная деструкция, выявленная при рентгенографии и наличие выраженного болевого синдрома.

В группе сравнения №1 распределение по возрасту было следующим: до 1 года - 6 детей (5,8%), от 1 до 3 лет - 11 (10,5%), от 4 до 6 лет - 16 (15,5%), от 7 до 14 лет - 71 (68,2%). Мальчиков было также в 2 раза больше, чем девочек, соответственно $n=68$ (65%) и $n=36$ (35%). Группы наблюдения и сравнения №1 были сопоставимы по всем параметрам ($P < 0,05$).

Рентгенологическое исследование

Рентгенография пораженной конечности проводилась всем детям с подозрением на ОГО. Последняя выполнялась по стандартной методике в двух проекциях с захватом области заинтересованного сустава. Также для сравнения выполнялась рентгенография здоровой конечности.

Рентгенологическое исследование проводилось на телеуправляемом рентгенологическом аппарате Renex-T2000 (Италия) цифровом рентгеновском диагностическом комплексе «Диакон» (Россия) и на штативном цифровом рентгенологическом аппарате Axion Aristes MX (Германия).

Первое рентгенологическое исследование осуществлялось при обращении пациента в лечебное учреждение или при выявлении признаков поражения костно-суставной системы у пациента, находившегося на лечении в стационаре по поводу другой патологии. Рентгенологические исследования у больных с ОГО

для контроля за динамикой воспалительного процесса повторяли через 10-14 дней и через 3 месяца.

Ультразвуковая диагностика

Исследование проводилось на ультразвуковых сканерах высокого и экспертного классов SONOSCAPE SSI-1000 (Китай) и Philips Affinity 70 (Германия) линейными датчиками 7,5 - 10МГц, 5 - 12МГц и 4 - 18МГц в режиме реального времени.

УЗ-сканирование осуществлялось в В-режиме полипозиционно, в продольной и поперечной плоскостях, по передней, задней, медиальной и латеральной поверхностям по всей длине трубчатых костей в области поражения и контралатеральных отделах для сравнения. В исследуемой группе эхография проводилась всем пациентам в динамике, кратность исследования от 1 до 2 раз (при поступлении пациента в клинику, затем через 5-7 дней).

Магнитно-резонансная томография

Исследование проводилось на 1.5Тл МР-томографе Optima MR450w «GE» (США), с использованием брюшной катушки (Body) в положении пациента лежа на столе. Обязательный протокол МРТ включал в себя стандартные импульсные последовательности T1, T2, STIR в трех проекциях: аксиальная, коронарная и сагиттальная.

Мультиспиральная компьютерная томография

Исследование выполняли на 16-срезовом мультиспиральном компьютерном томографе Aquilion16 (Япония), выполнено 309 исследований.

Зона сканирования пациентов группы сравнения соответствовала ½ диафиза трубчатой кости с захватом прилежащего сустава. Толщина реконструируемого слоя 0,5 миллиметра (мм). Длительность сканирования зависела от длины обследуемой конечности (от 10 до 35 секунд). Анализ статистических данных проводился на рабочей станции с установленным программным обеспечением Vitrea 2, с использованием постпроцессорной обработки построения мультипланарных реконструкций (далее - МПР).

Цветовое картирование проводили при помощи программного обеспечения Vitrea 2 компании Vital Images, установленной на рабочей станции Windows. Применялись функции обработки МПР изображений Color and Lighting (цвет и осветление). В опции обработки МПР изображения в цвете и с осветлением

нами использовались следующие настройки: - толщина среза 0,5 мм; для изменения осветления изображения использовались в меню программы обработки изображения объема Volume Render опцию обработки изображения Direct Light (прямой свет) - изображение обрабатывается повторно с наложением освещения от источника света перпендикулярно экрану; устанавливали настройки ширины окна и уровня размещения окна на изображении (Win Lev) для костных структур (фильтр - CT Bone 1300/325), после вышеописанных этапов с помощью мыши устанавливали более точные настройки ширины окна $W = \text{не } <200 \text{ и не } >700$ и уровень размещения окна $L = \text{не } >250$. Для отображения цвета использовалась прикладная программа Vitrea 2, которая предлагает разные схемы подбора цветов, включая подбор цветов по шкале серого цвета. Мы использовали в меню Color схему подбора цвета Heat Scale.

Оценка результатов исследования показателей рентгеновской плотности проводилась во фронтальной плоскости с толщиной реконструируемого среза 0,5 мм. При этом использовали высокоразрешающий костный фильтр (+325HU до +1300HU).

Рентгеновская плотность оценивалась в двух областях - метафизарной (переходная) и диафизарной зонах. Во всех случаях анатомическая область исследования была представлена метадиафизарной зоной. Для выявления порогов значений цифровых денситометрических показателей у пациентов исследуемой группы и группы сравнения, исследование выполнялось следующим образом: измерения проводили по трем выбранным срезам от зоны роста или от уровня большого вертела бедра, с интервалом 5 мм. При заинтересованности проксимального конца трубчатой кости измерения проводили в каудальном направлении, а при заинтересованности дистального конца трубчатой кости измерения - в краниальном направлении. Уровень первого среза определялся в зависимости от зоны роста, от которой отступали 15-65 мм, (в зависимости от возраста ребенка и области исследуемой кости). На уровне каждого выбранного среза измеряли рентгеновскую плотность в единицах Хаунсфилда (HU) по нескольким точкам, используя от 3 до 5 измерений.

Методы статистической обработки

Все количественные данные, полученные при анализе результатов МСКТ с оценкой рентгеновской плотности диафизарных зон трубчатых костей у детей, были сформированы в таблицы. Далее проводилась статистическая обработка

полученных результатов исследования с использованием пакета прикладных программ SPSS Statistics 22.

Статистический анализ проводился в 3 этапа: на первом этапе проводили проверку выборок на нормальность распределения с помощью непараметрического критерия Колмогорова-Смирнова, исправленного Лиллиефорса.

На втором этапе проводился сравнительный анализ данных МСКТ здоровой конечности у пациентов с ОГО и пациентов из группы сравнения, по следующим областям: проксимальный отдел плечевой кости и локтевой костей, проксимальный отдел бедренной и большеберцовой костей, дистальный отдел бедренной и большеберцовой костей. Уровень значимости был принят 0,05.

На третьем этапе проводили статистический анализ МСКТ с оценкой рентгеновской плотности у пациентов с ОГО внутри протокола сканирования, сравнивая контралатеральные зоны пораженной и здоровой конечности с помощью критерия Стьюдента для независимых выборок.

Дополнительно был проведен анализ результатов МСКТ с оценкой рентгеновской плотности метафизарных зон пораженной и здоровой конечности (проксимальной области большеберцовой кости) у детей старшей возрастной группы.

Анализ качественной оценки МСКТ с применением методики цветового картирования оценивали по визуальному обнаружению разницы цветовой гаммы с обозначением «+» при изменении цвета и «-» при отсутствии изменения цвета.

Информативность лучевых методов исследования изучали на основании определения их «чувствительности» (Ч) и «специфичности» (С) (Кармазановский Г.Г., 1997).

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Острый гематогенный остеомиелит в два раза чаще встречался у мальчиков, чем у девочек, соответственно $n=118$ (68%) и $n=56$ (32%). Максимальное количество случаев ОГО встречалось в старшей возрастной группе. 61 пациент (35%) поступил в течении 72 часов от начала заболевания. У большинства детей $n=113$ (65%) сроки поступления в стационар составили более 72 часов от начала заболевания.

Местная форма ОГО с легкой степенью течения заболевания наблюдалась у 155 пациентов (89%), септикопиемическая форма с тяжелым течением - у 19 пациентов (11%). Токсическая (адинамическая) форма не встречалась.

Диагностические возможности метода МСКТ с применением методики цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности в метадиафизарных зонах длинных трубчатых костей изучались в процессе комплексного подхода к диагностике ОГО. В процессе обследования использовались также другие методы исследования, такие как клиническая картина, рентгенография, УЗИ и МРТ. Основное внимание обращали на детей с интрамедуллярной стадией течения заболевания. В процессе обследования детей с ОГО была сформирована группа сравнения №1 (n=104) с другими патологическими состояниями не имеющих клинико-лабораторных признаков воспалительного поражения костей. В этой группе исследовались участки длинных трубчатых костей симметричные с такими же участками, как и у пациентов с ОГО.

Рентгенографическое исследование. Всем пациентам была проведена рентгенография. При проведении рентгенографического исследования пораженной конечности в интрамедуллярную фазу течения ОГО патологических изменений выявлено не было у всех пациентов.

Ультразвуковая диагностика. Проведен сравнительный анализ информативности методов МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности, и ультразвуковой диагностики (УЗИ) у детей до 1 года, в сроки 48-72 часа от начала заболевания ОГО. У 8 пациентов остеомиелит поражал эпифиз, у 2 метадиафиз. По данным МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности были выявлены только у 2-х пациентов с локализацией патологии в метадиафизе. Изменения при ОГО, расположенные в хрящевой структуре эпифиза при МСКТ, не определялись.

Результаты МСКТ с применением методики цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в группе сравнения.

При анализе результатов, полученных при МСКТ трубчатых костей в группе сравнения №1 с использованием методики цветового картирования, определялась одинаковая цветовая гамма костномозгового канала (КМК). Коридор показателей плотности составил от -7НУ до -120НУ. Цветовое картирование мягких тканей в этой группе пациентов показало гамму цветов от красно-коричневого до светло коричневого цвета и плотностью от +30 до +50 НУ.

Результаты МСКТ с применением методики цветового картирования с оценкой рентгеновской плотности у пациентов с острым гематогенным остеомиелитом.

Цветовое картирование и оценка рентгеновской плотности при проведении МСКТ выполнялись всем пациентам с ОГО. В первые часы поступления из 174 пациентов признаки отека костного мозга в пораженной кости были выявлены в 167 случаях (96%) при ($P < 0,05$).

У 61 пациента (35%), поступивших в срок до 72 часов от начала заболевания, при цветном картировании отмечалось изменение цветовой гаммы диафизарной зоны пораженной конечности, отличимой от нормы (черный цвет) - это изменение цвета (желтый или красный цвет) указывало на наличие отека костного мозга, что также подтверждалось изменениями показателей рентгеновской плотности.

В первые 72 часа от начала заболевания граница отека костного мозга в серой шкале была нечеткой, показатели рентгеновской плотности колебались в пределах от -30,3 до +5,6НУ. При цветовом картировании определялась достоверная разница цветовой гаммы КМК, которая подтверждала наличие отека костного мозга.

По данным остеотонометрии, у всех пациентов, поступивших в сроки до 72 часов от начала заболевания, было определено повышение внутрикостного давления в пораженной конечности свыше 200 мм водного столба, при норме до 110 мм. водного столба (Баиров Г.А., Рошаль Л.М., 1991.). На последнем этапе диагностики при бактериологическом исследовании выявлялись колонии золотистого стафилококка, выращенные на желточно-солевом агаре, через 48 часов - проводили учет лецитиназной активности; показатели которой имели высокую активность+++ , что подтверждало наличие ОГО у пациентов

При проведении МСКТ в сроки от 73-120 часов от начала заболевания, при цветовом картировании установлено, что отек костного мозга увеличивался по площади, показатели рентгеновской плотности находились в коридоре от 0 до +37НУ.

У пациентов, поступивших в сроки более 5 суток от начала заболевания острым гематогенным остеомиелитом, при МСКТ с применением методики цветового картирования выявлено распространение отека костного мозга до средней трети диафиза. При оценке рентгеновской плотности выявлено

нарастание показателей плотности костного мозга свыше +50НУ, с дальнейшим развитием участков линейной эндостальной реакции.

При сравнении полученных результатов во всех исследуемых анатомических зонах при остром гематогенном остеомиелите были выявлены различия только между показателями рентгеновской плотности, в то время как цветовое картирование показало одинаковую результативность во всех случаях.

Сравнительный анализ результатов МРТ и МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности.

Проведен сравнительный анализ информативности методов лучевой диагностики МРТ и МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности у 30 пациентов с подозрением на ОГО, поступивших со сроками до 72 часов от начала заболевания.

По данным МРТ у 96 % пациентов, обследованных в первые 72 часа от начала заболевания ОГО, мы наблюдали ранние воспалительные изменения в костном мозге в виде зоны отека с гиперинтенсивным сигналом в режиме T2 STIR и гипоинтенсивным сигналом на T1 изображениях (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Пациент С, возраст 11 лет (И/б № 513/90, 2021), 3 сутки от начала заболевания острым гематогенным остеомиелитом. В области метадиафиза участок с гиперинтенсивным сигналом на T2 STIR с нечетким контуром (1). На T1ВИ данные за поражение правой большеберцовой кости отсутствуют

По данным МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в 96 % наблюдений, у этих же пациентов, обследованных в первые 72 часа от начала заболевания ОГО, мы наблюдали ранние воспали-

тельные изменения в костном мозге в виде зоны отека, отображающейся красным цветом при цветовом картировании и повышение показателей рентгеновской плотности диафизарной зоны в пределах от -26 до +5,6 НУ (Рисунок 2).



а

б

Рисунок 2 - Пациент С, возраст 11 лет (И/б № 513/90, 2021), 3 сутки от начала заболевания. Определяются в верхней трети правой большеберцовой кости признаки отека костного мозга при цветовом картировании (стрелки) с четкой границей распространения отека по диафизу до средней трети, а также отмечаются изменения показателей рентгеновской плотности

При соотношении окончательного диагноза к заключению МРТ было отмечено 2 ложноположительных результата у пациента с артритом и травмой. Один ложноотрицательный результат - при МРТ изменение магнитно-резонансного сигнала выявлено не было.

$$\text{Ч} = \frac{\text{ДП}}{\text{ДП} + \text{ЛО}} * 100 = \frac{23}{23 + 1} = 96\%; \text{С} = \frac{\text{ДО}}{\text{ДО} + \text{ЛП}} * 100 = \frac{4}{4 + 2} = 67\%$$

При соотношении окончательного диагноза к заключению МСКТ был один ложноположительный результат у пациента с гистиоцитозом Х. Один ложноотрицательный результат - при МСКТ изменение выявлено не было.

$$\text{Ч} = \frac{\text{ДП}}{\text{ДП} + \text{ЛО}} * 100 = \frac{23}{23 + 1} = 96\%; \text{С} = \frac{\text{ДО}}{\text{ДО} + \text{ЛП}} * 100 = \frac{5}{5 + 1} = 83\%$$

При выполнении МРТ пациентам с ОГО после 72 часов от начала заболевания признаки воспалительных изменений в костном мозге в виде отека были выражены в большей степени, чем у пациентов, поступивших в сроки

до 72 часов от начала заболевания. В ряде случаев - (42%) визуализировались признаки отека в мягкотканых структурах

При проведении МСКТ после 72 часов от начала заболевания установлены достоверные границы распространения отека костного мозга при цветовом картировании, с тенденцией распространения отека по диафизу, что наблюдалось в 100% наблюдений, это было подтверждено изменением показателей рентгеновской плотности, которые были в пределах от 0 до +37НУ. У 38% пациентов по данным МСКТ также были выявлены локальные очаги деструкции, которые при помощи других модальностей выявить не удалось.

Для оценки результатов хирургического лечения до и после внедрения методики МСКТ с применением цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности трубчатых костей, была сформирована группа сравнения №2, для ретроспективного анализа. В группе сравнения №2 у 39% (n=58) пациентов при проведении рентгенографии и ультразвукового исследования (УЗИ) признаков ОГО не выявлено. У этих пациентов ориентировались на клинику и на данные лабораторных исследований; на основании этого проводили диагностическую остеоперфорацию в заинтересованном метафизе, при ОГО получали повышенное внутрикостное давление. Если клиническая картина сохранялась, или нарастала, проводили дополнительные остеоперфорации в средней трети диафиза и/или в противоположной его концевой части. У пациентов группы сравнения №2, поступивших в интрамедуллярную фазу (до 3 суток от начала заболевания) потребовалось в 30% (n=15) проведение дополнительных остеоперфораций, следовательно, сроки госпитализации были увеличены до 18 дней, в группе наблюдения сроки госпитализации не превышали 14 дней. При оценке значения t-критерия Стьюдента: различия статистически значимы ($p < 0,05$), число степеней свободы $f = 28$, критическое значение t-критерия Стьюдента = 2.048, при уровне значимости $\alpha = 0,05$

В группе наблюдения с введением в диагностический алгоритм МСКТ с применением комплексной методики цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности дополнительных остеоперфораций не потребовалось. По данным МСКТ с применением комплексной методики цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности четко был установлен уровень распространения отека костного мозга, как наиболее раннего признака течения интрамедуллярной фазы ОГО. Особенно это важно,

когда клиническая картина у пациентов стертая. МСКТ с применением комплексной методики цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности позволила у ряда пациентов ограничиться одной -51% (n=89) остеоперфорацией, у ряда пациентов двумя -28 (n=49), а в некоторых случаях требовалась 3-х уровневая остеоперфорация – 21% (n=36).

По данным остеотонометрии, у всех пациентов, поступивших в сроки до 72 часов и более от начала заболевания, было определено повышение внутрикостного давления в пораженной конечности свыше 200 миллиметров водного столба.

На заключительном этапе проводили забор содержимого костномозгового канала для микробиологического и бактериологических исследований. Микробиологическое и бактериологическое исследование содержимого КМК также подтвердили течения ОГО в исследуемой группе пациентов.

На основании полученных данных был разработан алгоритм комплексного клиничко-лучевого обследования и хирургического лечения острого гематогенного остеомиелита у детей (Рисунок 3), который достоверно ($P<0,05$) позволяет своевременно (до 72 часов) установить диагноз острый гематогенный остеомиелит у детей, достоверно ($P<0,05$) улучшить результаты хирургического лечения острого гематогенного остеомиелита, путем сокращения сроков пребывания в стационаре ($P<0,05$) и улучшения радикальности первичного хирургического вмешательства.

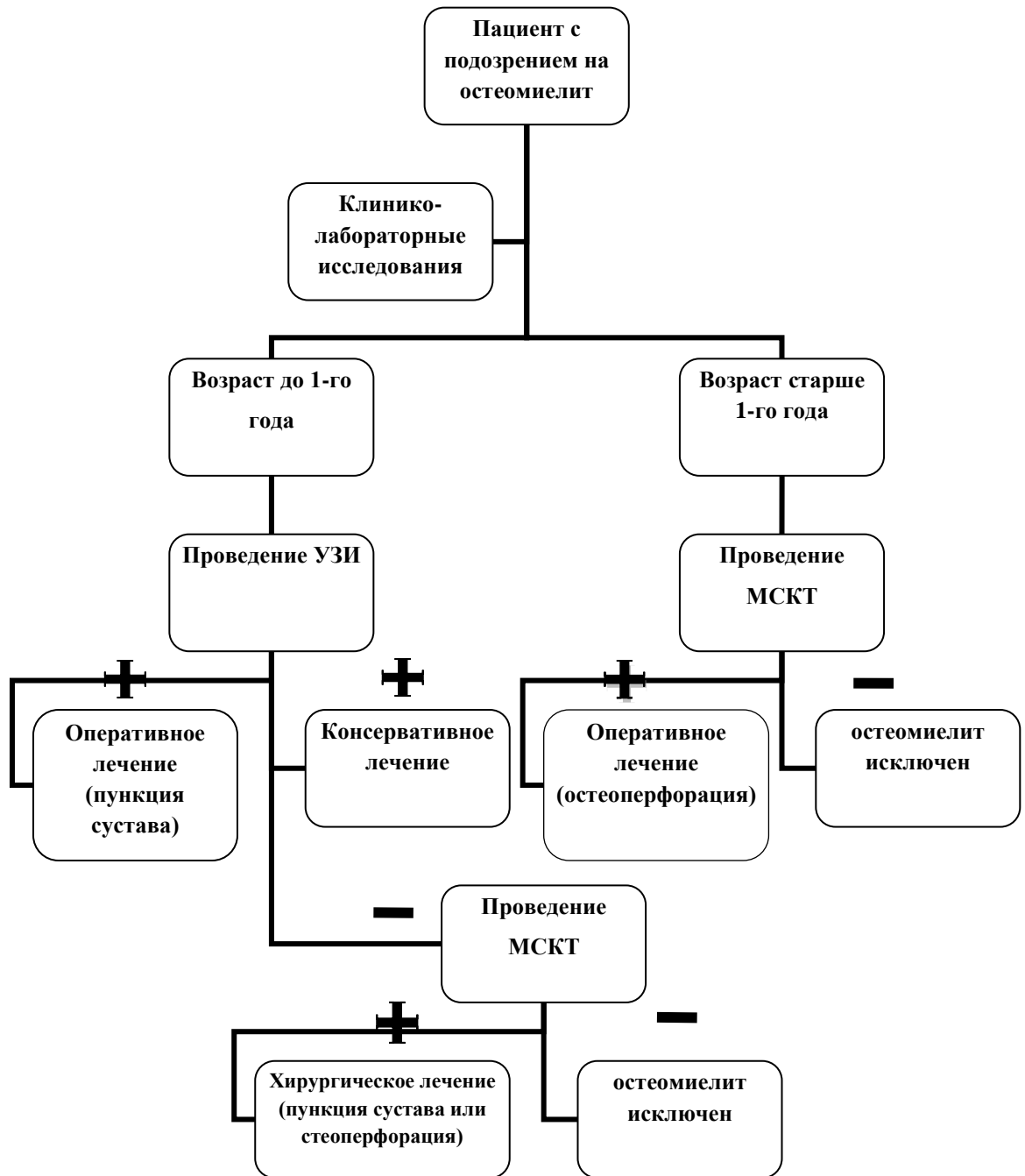


Рисунок 3 – Алгоритм комплексного клиничко-лучевого обследования и хирургического лечения детей при подозрении на острый гематогенный остеомиелит

Предложенный алгоритм позволяет достоверно ($P < 0,05$) в первые сутки от начала заболевания установить диагноз острого гематогенного остеомиелита у детей и своевременно и точно провести остеоперфорацию ($P < 0,05$).

Оценивая результаты статистического анализа, можно утверждать, что МСКТ с применением цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности в диагностике интрамедуллярной фазы острого гематогенного

остеомиелита достоверно ($P < 0,05$) улучшает своевременность хирургического вмешательства и снижает сроки стационарного лечения острого гематогенного остеомиелита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По нашим наблюдениям ранняя диагностическая чувствительность (ДЧ) и специфичность (ДС) при МСКТ с применением методики цветного картирования и оценкой рентгеновской плотности (ДЧ = 96%; ДС=83%) была выше рентгенографии (ДЧ=45%; ДС=71%) и УЗИ (ДЧ= 78%; ДС=75%) при исследовании трубчатых костей. Хотя МРТ имеет такую же высокую степень чувствительности (СЧ) - 96% что и МСКТ (СЧ-96%), но специфичность (ДС) данного метода гораздо ниже - 67%, чем при МСКТ с применением методики цветного картирования и оценкой рентгеновской плотности (ДС=83%).

Применение предложенной методики МСКТ позволит определить правильный подход к своевременному лечению, избежать осложнений заболевания и сократит сроки стационарного лечения.

В заключение следует отметить, что на основе улучшения качества ранней диагностики, разработки оптимального алгоритма диагностики и хирургического лечения, анализа ближайших и отдаленных результатов лечения, удалось оптимизировать результаты ранней диагностики и хирургического лечения интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита у детей.

ВЫВОДЫ

1. МСКТ с применением комплексной методики цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности является оптимальным методом, который позволяет статистически достоверно ($P < 0,05$), в первые сутки от начала заболевания, выявить и определить распространенность воспалительного отека в костномозговом канале, как наиболее раннего признака развития острого гематогенного остеомиелита в трубчатых костях у детей.

2. Установлены начальные и конечные показатели рентгеновской плотности трубчатых костей в интрамедуллярную фазу острого гематогенного остеомиелита : при локализации в верхней трети плечевой кости - от -28,7НУ до +3,8НУ; при локализации в области верхней трети бедренной кости - от -30,2НУ до +5,6НУ; при локализации в верхней трети большеберцовой кости - от -30,3НУ

до +5,2НУ; для нижней трети большеберцовой кости - от -30,5НУ до +5,6НУ. Цветовое картирование выявляет изменения в 96% случаях при любой локализации.

3. МСКТ с применением методики цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности обладает более высокой специфичностью ($P < 0,05$) по сравнению с МРТ и может использоваться, как метод экстренной диагностики интрамедуллярной фазы течения острого гематогенного остеомиелита. Для разработанной методики МСКТ с применением цветового картирования и с оценкой рентгеновской плотности характерны: чувствительность до 96%, специфичность до 83% ($P < 0,05$).

4. Разработан оптимальный алгоритм комплексного клиничко-лучевого обследования и хирургического лечения у детей, позволяющий улучшить результаты хирургического лечения острого гематогенного остеомиелита, путем сокращения койко-дней на 30% (средний койко-день 14 суток), а также улучшить радикальность первичного хирургического вмешательства, не требующего дополнительного хирургического лечения ($P < 0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем пациентам старше 1 года с подозрением на ОГО в первые часы после поступления в стационар показано выполнение МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой показателей рентгеновской плотности.

2. С целью минимизации количества лечебных остеоперфораций следует руководствоваться данными цветового картирования, полученными в ходе МСКТ, четко показывающими границы патологического очага.

3. При невозможности симметричной укладки ребенка для проведения МСКТ целесообразно использовать методику виртуального угла (Патент РФ на изобретение №2737223 от 26.11.2020).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ТЕМЫ

Расширить тему исследования с применением МСКТ с методикой цветового картирования и оценкой рентгеновской плотности при заболеваниях других органов и систем у детей. Поиск рациональных решений для улучшения

диагностических возможностей мультимодального подхода в хирургической практике у детей, с разработкой оптимальных и доступных методов лучевой диагностики хирургических заболеваний в медицинских организациях разного уровня.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Льюров, Д.А. Сравнительный анализ результатов мультиспиральной компьютерной томографии с использованием методов цветового картирования и магнитно-резонансной томографии в диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей / А.В. Поздняков, В.Г. Сварич, Д.А. Льюров // **Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. - 2023. - Т. 13, № 4. С. 503–511.**

2 Льюров, Д.А. Мультимодальный подход в лучевой диагностике к определению интрамедуллярной фазы острого гематогенного остеомиелита у детей: проспективное исследование / А.В. Поздняков, В.Г. Сварич, Д.А. Льюров // **Лучевая диагностика и терапия. – 2023. - Т. 14, № 4. - С. 82–89.**

3. Льюров, Д.А. Рентгенологическая диагностика острого респираторного дистресс-синдрома при остром гематогенном остеомиелите у детей / В.Г. Сварич, Д. А. Льюров // **Вестник рентгенологии и радиологии. – 2008. - № 2-3. – С. 59-61.**

4. Льюров, Д.А. Критерий денситометрических характеристик метадиафизарных и диафизарных зон трубчатых костей у здоровых детей по данным компьютерной томографии / В. М. Черемисин, Д. А. Льюров, В.Г. Сварич, И.П. Дитятев // **Врач-аспирант. – 2014. - № 2. - С. 93-96.**

5. Льюров, Д.А. Мультиспиральная компьютерная томография в ранней диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей / Р.Ф. Акберов, Д. А. Льюров, В.Г. Сварич / **Врач-аспирант. – 2015. - № 3(70). – С. 28-32.**

6. Льюров, Д.А. Острый гематогенный остеомиелит у детей (обзор литературы) / Р.Ф. Акберов, Д. А. Льюров, В.Г. Сварич // **Детская хирургия. - 2016. – Т. 20, № 4. – С. 200-203.**

7. Льюров, Д.А. Случай осложненного течения острого гематогенного остеомиелита у ребенка / В.Г. Сварич, Д.А. Льюров // **Детская хирургия. – 2009. - № 3. – С. 52.**

8. Льюров, Д.А. Возможности ультразвуковой диагностики при остром гематогенном остеомиелите у детей / Д.А. Льюров, В.Г. Сварич, В.М. Черемисин

// Материалы конференции «Здоровье человека на Севере». – 2009. – №1. – С. 9-10.

9. Льюров, Д.А. Опыт раннего выявления острого гематогенного остеомиелита у детей / Д.А. Льюров, В.М. Черемисин, В.Г. Сварич, Л.А. Трофимов // Материалы конференции «Невский радиологический форум». – Санкт-Петербург, 2009. – С. 321-322.

10. Льюров, Д.А. Роль мультиспиральной компьютерной томографии в ранней диагностике острого гематогенного остеомиелита у детей / В.М. Черемисин, Д.А. Льюров, В.Г. Сварич // Материалы международной конференции «6 Невский радиологический форум». - Санкт-Петербург, 2013. – С. 212.

11. Льюров, Д.А. Особенности мультиспиральной компьютерной томографии при остром гематогенном остеомиелите у детей / Д.А. Льюров, В.Г. Сварич // Материалы конференции «Невский радиологический форум». – Санкт-Петербург, 2014. – С. 192-193.

12. Льюров, Д.А. Метод ранней диагностики острого гематогенного остеомиелита у детей / В.Г. Сварич, Д.А. Льюров, И.М. Каганцов // Детская хирургия. – 2020. – Т.24, №S1. – С. 74. (авторский вклад - 75%).

13. Льюров, Д.А. Оптимизация методики ранней диагностики острого гематогенного остеомиелита у детей / А.В. Поздняков, Д.А. Льюров, В.Г. Сварич // Визуализация в медицине. – 2020. – Т. 2, №3. – С. 13-21.

14. Льюров, Д.А. Способ ранней диагностики острого гематогенного остеомиелита длинных трубчатых костей у детей: Патент на изобретение № 2737223 / Д.А. Льюров, В.Г. Сварич // **Бюл. «Изобретения. Полезные модели».** – 2020. – № 33. – С. 1-8.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДС – диагностическая специфичность

ДЧ - диагностическая чувствительность

КМК - костномозговой канал

МПР - мультипланарные реконструкции

МРТ – магнитно-резонансная томография

МСКТ - мультиспиральная компьютерная томография

ОГО - острый гематогенный остеомиелит

УЗИ - ультразвуковая диагностика

HU - единицы Хаусфильда