

Обзор литературы

© Группа авторов, 2011

УДК 615.849-073:616.7-053.2

Роль полифазной остеосцинтиграфии в оценке состояния перфузионно-метаболических процессов при заболеваниях опорно-двигательного аппарата у детей

А.Н. Бергалиев, Н.П. Фадеев, А.П. Поздеев

The role of multiphase bone scintigraphy in the evaluation of perfusion-and-metabolic processes for diseases of the locomotor system in children

A.N. Bergaliyev, N.P. Fadeyev, A.P. Pozdeyev

ФГУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера Минздравсоцразвития России», г. Санкт-Петербург
(директор – д.м.н., профессор А.Г. Баиндурашвили)
ФГУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий Минздравсоцразвития России», г. Санкт-Петербург,
(директор – академик РАМН, А.М. Гранов)

Представлен литературный обзор о роли и значении полифазной остеосцинтиграфии в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей и подростков. Подробно описаны основы фармакокинетики радиофармпрепаратов, применяемых в остеосцинтиграфии (ОСЦГ). Представлены современные концепции механизма их фиксации в костной ткани. Освещены теоретические, методологические и клинические аспекты использования ОСЦГ в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей. Дан критический анализ результатов остеосцинтиграфии при различных нозологических формах данной патологии и критериев оценки эффективности лечебных мероприятий. Показана практическая значимость и перспективность полифазной остеосцинтиграфии в детской ортопедической практике.

Ключевые слова: полифазная остеосцинтиграфия, сцинтиграфия, ортопедия, радиология.

The literature review on the role and significance of multiphase bone scanning in the diagnostics of the locomotor system diseases in children and adolescents is presented. The fundamentals of pharmacokinetics of the radiopharmaceutical preparations used for bone scanning (BSc) are described in detail. The modern concepts of the mechanism of their fixation in bone tissue are presented. The theoretical, methodological and clinical aspects of BSc using for diagnostics of the locomotor system diseases in children are elucidated. The results of bone scanning for different nosologic forms of this pathology are analyzed critically, as well as the criteria for effectiveness evaluation of therapeutic measures. The practical significance and prospects of using multiphase bone scanning in pediatric orthopedic practice are shown.

Keywords: multiphase bone scanning, scintigraphy, orthopaedics, radiology.

В комплексе лучевых методов диагностики функционального состояния опорно-двигательного аппарата у детей и подростков широко используется радионуклидный метод остеосцинтиграфия. Общий его принцип заключается в экстракорпоральной регистрации гамма-излучения от введенных в организм радиофармпрепаратов (РФП), которые включаются в метаболические процессы. В структуре радиодиагностических исследований, проводимых у детей, ОСЦГ, по данным отечественных авторов, выходит на первое место, составляя до 30 % всех радионуклидных процедур [16], а в зарубежной ортопедической практике этот метод достигает 60 % от всего объема исследований [59].

Одним из первых нуклидов, использованных для ОСЦГ, был ^{85}Sr , аналог кальция. Изотопы кальция (^{45}Ca , ^{47}Ca) оказались малоприменимыми для исследования костей. Приблизительно 30-

50 % введенного внутривенно ^{85}Sr накапливается костной системой в пределах 1 часа, остальная часть медленно экскретируется почками и желудочно-кишечным трактом. Высокая энергия гамма-излучения (511 КэВ) и длительный период полувыведения ^{85}Sr ($T_{1/2}=64,8$ дней) создают значительную дозу облучения пациента, и поэтому данный радиофармпрепарат (РФП) не нашел применения в клинике. Более привлекательным оказался $^{99\text{m}}\text{Tc}$ –короткоживущий нуклид, получаемый из генератора непосредственно в медицинском учреждении и отличающийся малым периодом полураспада ($T_{1/2}=6,01$ ч.), отсутствием бета-излучения и низкой энергией гамма-квантов (140 КэВ). Данный РФП в настоящее время широко применяется в радионуклидной диагностике различных органов и систем организма, и, в частности, в диагностике заболеваний костей. Для исследования костной ткани в качестве «носите-

ля» используются фосфаты и фосфонаты, отечественными аналогами которых являются Пирфотех и Технефор. Остеотропные РФП на их основе вводятся в организм внутривенно. Они, равномерно распределяясь в организме, фиксируются в костной ткани. Выведение этих препаратов из организма происходит преимущественно через мочевыделительную систему. В костях скелета пациента в течение 1 часа накапливается до 30 % введенного РФП, и это количество удерживается на протяжении 3-х часов. Через 2-3 часа после введения мягкие ткани и кровь содержат только 15-17 % введенного РФП, и данное соотношение концентрации РФП в тканях создает оптимальные условия для сцинтиграфии костей скелета и позволяет получить качественные остеосцинтиграммы [20].

В норме распределение РФП в костях скелета различается в зависимости от интенсивности тканевого обмена: в метаэпифизарных отделах трубчатых костей, костно-хрящевых сочленениях, грудине, крестце оно повышено, а в шейном отделе позвоночника, диафизах длинных трубчатых костей, области тел лопаток, крыльев подвздошных костей – понижено. Участки гиперфиксации РФП могут встречаться также в областях, испытывающих постоянную физическую нагрузку, к примеру, у спортсменов-фехтовальщиков – в области запястья, у больных, пользующихся костылями, – в плечевых суставах [9].

Остеосцинтиграфия, включающая в себя оценку функционального состояния костной ткани, выполняется через 2-2,5 часа после внутривенного введения РФП. Сбор информации проводится в виде измерения показателей интересующей области скелета с достоверной статистикой кадра не менее 100 тысяч импульсов. Анализ полученных ОСцГ выполняется в виде сравнения значений γ -активности в интересующей и контрольной областях. При наличии парных органов сравнивают исследуемую зону с симметричной областью контралатерального участка, в случае непарных органов – исследуемую и здоровую области того же органа.

Механизм фармакокинетики остеотропных РФП в костной ткани остается недостаточно изученным, а имеющиеся на сегодняшний день данные довольно противоречивы. Существуют различные взгляды и теории, но единой, экспериментально обоснованной гипотезы пока нет. Так, многие авторы, применяя в своих исследованиях пирофосфат, считают, что местом акцептирования остеотропных РФП является незрелый коллаген [9, 77]. Другие исследователи отводят пирофосфату роль индикатора состояния минерального компонента, так как, по их мнению, пирофосфат в костной ткани связывается с гидроксиапатитом [45]. R. Russel и R. Smith (1973) считают, что пирофосфат является синтетическим аналогом эндогенного пирофосфата, известного в физиологии как фермента-ингибитора

процесса кальцификации. Поэтому поведение ^{99m}Tc -пирофосфата в костной ткани до некоторой степени можно интерпретировать как отражение активности обменных процессов. Немало сторонников гипотезы о клеточной природе накопления остеотропного РФП. Одни из них считают, что акцепторами фосфатов являются остеобласты [15, 16], другие – остеокласты [25].

Некоторые авторы утверждают, что процесс накопления РФП в костной ткани в большей мере обусловлен величиной регионарного кровотока и состоянием микроциркуляции, в меньшей – остеобластической активностью и степенью минерализации органического матрикса, и с этой точки зрения объясняют особенности распределения РФП в нормальном скелете [16, 43].

Однако, несмотря на разноречивость приведенных взглядов о месте аккумуляции РФП в костях, всеми исследователями единодушно признается факт его гиперфиксации в местах повышенной клеточно-тканевой активности. Данное свойство широко используется для индикации локальных процессов и метастатических поражений, где гиперфиксация индикатора происходит как в элементах самой опухоли, так и в окружающей ее реактивной ткани. Причем степень накопления полностью зависит от васкуляризации патологической области, клеточной агрессивности, соотношения неопластического и реактивного костеобразования [16, 50, 70, 64].

Остеосцинтиграфия обладает высокой чувствительностью к любым патологическим изменениям в костной ткани [43, 54]. A. Hendler и M. Hershkop (1998) отмечают этот факт при индикации метастазов и стресс-переломов, особенно в грудной клетке, недоступной для обычной рентгенографии. Огромный спектр заболеваний костно-суставной системы, особенно связанных с применением чрескостного остеосинтеза, был проанализирован учеными КНИИЭКОТ, детально проанализировавших и описавших возможности этой методики во взрослой ортопедии [23]. H. Fuse и соавторы (1994), использовавшие ОСцГ костного мозга при саркоме простаты для поиска метастазов, отмечают её высокую роль и рекомендуют использовать для дифференциации метастатических и дегенеративных процессов. L. Ore и соавторы (1996), оценивая данные ОСцГ, определили высокую ее достоверность при метастатических поражениях скелета и умеренную – при дегенеративных. A.R. Siddiqui и соавторы (1981) рекомендовали использование ОСцГ при гистиоцитозе X только при отсутствии очаговых изменений на рентгенограммах. Широкое распространение методики получила при диагностике воспалительных процессов [41, 27, 56, 69, 79]. По данным S. Treves (1979), с помощью ОСцГ возможно более раннее выявление остеомиелита, чем при рентгенологическом методе исследования.

Недостатком ОСцГ является ее низкая специфичность из-за равнозначной тропности ис-

пользуемого РФП в участках скелета с высоким остеогенезом [29, 68, 31]. Однако, как показал анализ литературных данных, эффективность диагностики можно повысить с помощью полифазной остеосцинтиграфии (ПФОСЦГ), известной за рубежом как multiple-phase bone scintigraphy [37, 47, 86, 78, 80].

При этом сбор информации проводится поэтапно: первоначально в динамическом режиме выполняется ангиосцинтиграфия, то есть измеряется радиоактивность непосредственно после внутривенной инъекции (по мере движения РФП по сосудистому руслу); затем – отсроченная статическая остеосцинтиграфия (после фиксации РФП в костной ткани). В данном случае, учитывая фармакокинетику препарата, возможна оценка характера и интенсивности артериального притока крови по магистральным сосудам, перфузии или суммарного кровенаполнения по кривым «активность/время» с последующим сравнением их интегралов. В костной фазе ПФОСЦГ принцип обработки скинтиграмм не отличается от стандартного анализа.

В настоящее время методика остается до конца неразработанной, и многие авторы применяют различные ее модификации. К примеру, J. Conwey (1986) использовал трехфазную остеосцинтиграфию. Первые 40 секунд после инъекции он расценивал как первую фазу исследования (транзит метки по артериям); последующую минуту обозначил как вторую фазу – «экстрацеллюлярную», то есть предполагал переход метки из сосудов в интерстициальное пространство мягких тканей. Сбор информации через 1,5-3 часа после инъекции автор рассматривал как третью фазу (накопление РФП в костной ткани в зависимости от её кровоснабжения и активности метаболизма).

Аналогичную методику, только изменив временные параметры, применяли E. Gandsman и R. McCulough (1990). Интенсивность артериального притока они оценивали первые 20 секунд прохождения метки по сосудам, уровень перфузии – последующие 40 секунд, а функциональное состояние костной ткани – через 24 минуты после инъекции. При этом авторы предполагали, что в I фазе происходит транзит метки от костных капилляров до периваскулярного пространства, во II – переход РФП в костное межклеточное пространство, а в III фазе – его накопление первоначально в костном коллагене и затем – в аморфном гидроксиапатите.

Ряд авторов рекомендуют использовать четырехфазную остеосцинтиграфию. К примеру, N. Alazrakі с соавторами (1985) дополняли трехфазную остеосцинтиграфию еще одним статическим измерением через 24 часа после инъекции, мотивируя дополнительное измерение лучшим контрастированием костей скелета при низкой фиксации РФП в мягких тканях. Р. Као и соавторы (1997) кроме I, II и III фаз (оценка артериального

притока, перфузии и функционального состояния костной ткани) проводили одно статическое измерение мягких тканей через 30-60 минут после инъекции. По их мнению, в этот период лучше всего возможно определение поражений мягких тканей.

Все авторы указывают на существенное преимущество ПФОСЦГ перед стандартной ОСЦГ за счет возможной оценки не только костного, но и мягкотканного компонента, что значительно увеличивает её специфичность при отсутствии рентгенологических признаков [55, 53, 33]. Так, K. Malikos и соавторы (1995) с помощью ПФОСЦГ и цифровой рентгеновской ангиографии исследовали интенсивность васкуляризации аутотрансплантатов после их имплантации в область асептического некроза головки бедренной кости. Авторы отмечают высокую чувствительность при использовании I фазы ангиосцинтиграфии в конце первой недели после операции и недостаточную – при применении цифровой ангиографии. Высокую диагностическую эффективность ПФОСЦГ отмечают M. Kirschner и соавторы (1999), проводившие комплексное обследование больных с аналогичной целью в комплексе с методами однофотонной эмиссионной томографии, дуплексного УЗИ, ангиографии и интраоперационной биопсии. H. Abdel-Dayem (1997) при диагностике первичных костных и мягкотканых опухолей отмечает необходимость ПФОСЦГ для оценки васкуляризации патологического процесса, степени мягкотканного поражения и костного вовлечения.

Однако, при всей её эффективности перед ОСЦГ, ПФОСЦГ по сей день мало применяется в детской ортопедии, отсутствуют разработанные показания к ее применению, а единичные публикации в этой области свидетельствуют об их поисковом характере [28].

Доброкачественное новообразование костей и суставных хрящей. Оценка состояния перфузионно-метаболических процессов при доброкачественных опухолях, опухолеподобных поражениях костей и суставов имеет большое значение для их диагностики и лечения. «Остеоид-остеома» является доброкачественной опухолью остеогенной природы и составляет 4,6 % от всех костных опухолей и дисплазий [6]. Ее этиология до настоящего времени неизвестна: одни авторы связывают её происхождение с воспалительным процессом, другие – с опухолевой природой. Очень часто при выраженной клинической картине очаг деструкции на обзорных рентгенограммах не визуализируется и, как указывают ряд авторов, подобное противоречие можно решить с помощью стандартной ОСЦГ [39, 85, 49, 54, 35]. В то же время, публикации об использовании ПФОСЦГ малочисленны и представляют описание либо единичных случаев из практики, либо опухолей с редкой локализацией, что свидетельствует об их поисковом характере. Так, R. Kumar и соавторы (2003) сообщают об успешном применении

ПФОСЦГ в комплексном исследовании 14-летнего ребенка при рецидивировании у него остеонид-остеомы после ранее выполненного хирургического лечения. А. Marcuzzi и соавторы (2002) исследовали 18 больных с остеонид-остеомой кисти, отметили высокую чувствительность ПФОСЦГ и рекомендовали ее применение в предоперационном периоде в комплексе с компьютерной томографией. Помимо этого, практически во всех работах отсутствуют количественные показатели ангио- и остеогенеза, которые свидетельствуют об активности патологического процесса.

К числу редких заболеваний опорно-двигательного аппарата (ОДА) относится хондробластома, составляющая 1,3 % от всех опухолей и характеризующаяся медленным и доброкачественным течением [6]. Она локализуется эксцентрически в губчатой ткани эпифиза или эпиметафиза и рентгенологически представляет собой очаг округлой формы с наличием участков обызвествления и ободком уплотненной костной ткани вокруг. Клинически данная патология проявляется наличием ограничения движений, болей в близлежащем суставе. Трудности первичной диагностики хондробластомы связаны с необходимостью ранней дифференциации ее с другими патологическими процессами при их локализации в проксимальном отделе бедренной кости (асептический некроз головки бедренной кости, остеомиелит, туберкулезный остит). Работ, посвященных диагностике этого заболевания с использованием ПФОСЦГ, в доступной нам литературе не найдено, встречается лишь ссылка на стандартную ОСЦГ, согласно которой эта методика рекомендуется в комплексе лучевой диагностики [72].

Остеохондрома составляет около 16 % от всех опухолей, опухолеподобных и диспластических поражений скелета [6]. К числу актуальных проблем при диагностике относится оценка активности роста и разработка прогностических критериев. С этой целью используют клинорентгенологический метод для определения формы, локализации, сроков формирования экзостозов, связи образования с прилежащей ростковой зоной, интенсивности рентгеновской плотности. Кроме этого, при множественной форме патологии назначение дополнительных рентгеновских исследований для поиска очагов в костях скелета приводит к лишней лучевой нагрузке на организм пациента. В данном случае более информативным методом может оказаться радионуклидный метод, способный за 1 процедуру выявить экзостозы различной локализации, а также определить активность их роста. Однако работы об использовании ПФОСЦГ единичны [83, 36].

Остеопатии и хондропатии. Среди опухолеподобных поражений скелета солитарная костная киста (по гистологической классификации ВОЗ, 1993) занимает одно из ведущих мест и

составляет 21-57 % в структуре данной патологии. Трудности ранней диагностики связаны со скудной клинической картиной, запоздалой диагностикой патологических переломов на фоне обширной деструкции. L. David и соавторы (1976) описывают отсутствие или слабое накопление РФП при солитарных кистах, а при патологических переломах отмечают его гиперфиксацию, не приводя прогнозов рецидивирования и данных об активности процесса.

При фиброзной дисплазии, составляющей 6,7 % всех опухолевых и диспластических поражений скелета, клиническая картина, подобно кистам, также не выражена, и её первым проявлением чаще всего является патологический перелом. Дифференциальная диагностика фиброзной дисплазии проводится с нейрофиброматозом, болезнью Педжета, костными кистами, остеобластомами, остеомиелитом. На рентгенограммах патологический процесс проявляется очагом деструкции с четкой перифокальной границей в виде «матового стекла» из-за присутствия в ткани балок незрелой костной ткани. На целесообразность выполнения статической ОСЦГ при данной патологии указывают многие авторы, применяя её для уточнения активности процесса или для поиска очагов фиброзной дисплазии во всех участках скелета, а также для ранней диагностики заболевания [40, 89, 65]. Однако авторы не приводят в своих работах количественные показатели активности процесса и состояния регионального кровотока. К тому же, в литературе не найдено работ, посвященных прогнозированию рецидивирования на основании данных, полученных при проведении ПФОСЦГ.

Сравнительно недавно в классификации опухолей и опухолеподобных заболеваний костей (ВОЗ, 1993) как нозологическая форма выделена остеофиброзная дисплазия, рассматриваемая отдельно от фиброзной дисплазии. Такая необходимость связана с рентгенологическими, клиническими и морфологическими особенностями патологии, а также с принципами ее лечения. Прогрессирующее клиническое течение данного заболевания характеризуется высокой частотой его рецидивирования. Основное отличие связано с многокамерностью очага деструкции, наличием широкой зоны интенсивного склероза, локализацией только в большеберцовой кости. Работ, посвященных диагностике данной патологии с помощью ПФОСЦГ, нами не выявлено, что подчеркивает актуальность использования этого метода в предоперационном обследовании пациентов и последующей оценке клеточно-тканевой активности патологического процесса.

Врожденные аномалии (пороки развития) и деформации костно-мышечной системы. При диспластических заболеваниях ОДА вопросы применения ПФОСЦГ при некоторых нозологических формах вообще не освещены, хотя

их решение влияет не только на разработку тактики оперативного и консервативного лечения, но и на оценку их эффективности.

К примеру, в доступной нам литературе совершенно не обнаружены данные о применении ПФОСцГ при врожденном гигантизме кисти, относящемся к группе диспластических заболеваний. Это довольно редкая ортопедическая патология и по частоте встречаемости среди всех пороков развития верхней конечности стоит на пятом месте после синдактилии, удвоения сегментов конечности, врожденных перетяжек и артрогриппоза [48]. По данным I. Cheng с соавторами (1987), врожденный гигантизм встречается в 2,1 % от общего числа пороков развития верхней конечности; по мнению Е.П. Кузнечихина и соавторов (1993), гигантизм кисти фиксируется в одном случае на 10000 пороков развития ОДА. Именно такая частота встречаемости заболевания и обуславливала незначительное количество наблюдений у различных авторов. Заболевание характеризуется гипертрофией всех элементов и структур пораженного сегмента [13, 22, 42]. Актуальность применения ПФОСцГ при гигантизме кисти связана с необходимостью определения интенсивности кровоснабжения и процессов остеогенеза в пораженном сегменте, влияющих на тактику и объем оперативного лечения.

Не менее важной проблемой в детской ортопедии является лечение эктромелии малоберцовой кости, занимающей по частоте встречаемости первое место среди всех пороков развития костей голени [11]. Основными клинико-рентгенологическими симптомами этого порока являются аплазия или гипоплазия малоберцовой кости, укорочение и уменьшение окружности голени из-за гипоплазии мышц, недоразвитие стопы, порочное ее положение (латеральный вывих или подвывих) с аплазией I-IV лучей. При данной патологии к числу основных факторов, влияющих на тактику оперативного лечения и дальнейшую реабилитацию больного, относится информация о функциональной активности ростковых зон нижних конечностей. Тем не менее, работ, посвященных исследованию функции ростковых зон с использованием ПФОСцГ, нами в доступной литературе не было найдено.

Частота юношеского идиопатического сколиоза, по данным ряда авторов, варьирует в диапазоне от 1,3 % до 17,3 % [2, 18, 22]. Заболевание, чаще всего проявляющееся в возрасте 7-11 лет, характеризуется медленным, средним или бурным темпами формирования сколиотической дуги, приводит к грубым нарушениям осанки, при этом ухудшаются функции внутренних органов, снижается работоспособность, что приводит к инвалидизации и социальной дезадаптации больных. Основная диагностика при данной патологии осуществляется рентгенологическим методом, с помощью которого определяются показатели искривления

позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях, патологической ротации отдельных позвонков.

Учитывая различную интенсивность формирования сколиотической деформации, в диагностике данной патологии актуальной является разработка критериев ее прогрессирования. В настоящее время для этого используются различные прогностические признаки (возраст больного, локализация первичной дуги искривления, рентгенологические симптомы Риссера, Кона и Мовшовича). Отрицательными сторонами перечисленных прогностических критериев является их низкая достоверность [18].

Немаловажное значение имеет ПФОСцГ в диагностике дистрофических поражений скелета. В их числе болезнь Легга-Кальве-Пертеса остается одним из заболеваний, наиболее часто ведущих к тяжелым нарушениям анатомического строения тазобедренного сустава и ранней инвалидизации больных. Данная патология среди ортопедических заболеваний составляет 0,17-1,9 %, среди остеохондропатий костей и суставов – 0,2-3 %, среди заболеваний тазобедренного сустава у детей – 25-30 %. Как и другие остеохондропатии, болезнь Легга-Кальве-Пертеса встречается только у детей и подростков. Этиология и патогенез данной патологии до сих пор окончательно не установлены. Так, ряд авторов считают, что одной из причин развития заболевания является нарушение эфферентной иннервации сосудистой сети тазобедренного сустава на уровне ThX_{II}-L_{III} сегментов спинного мозга на фоне дисплазии спинальных структур и костных элементов. Указанные изменения в конечном итоге приводят к вторичным нарушениям кровоснабжения проксимального отдела бедра с последующей хронической ишемией и некрозом костно-хрящевых компонентов головки бедренной кости [1, 4].

Ранняя диагностика состояния кровообращения в области пораженного тазобедренного сустава имеет большое значение для разработки адекватной тактики консервативного лечения [2]. Для этого О.В. Дольницкий с соавторами (1989), используя стандартную ОСцГ, выявили сниженный уровень фиксации остеотропного РФП в пораженном сегменте бедренной кости, что свидетельствовало, с точки зрения авторов, об уменьшении кровоснабжения пораженной головки. По нашему мнению, данная интерпретация результатов ошибочна, и в большей мере это снижение, учитывая активное накопление в клетках костной ткани, связано с функциональной тканевой активностью.

А.В. Руцкий с соавторами (1989) обследовали 96 больных в возрасте от 3 до 14 лет с болезнью Легга-Кальве-Пертеса на всех стадиях формирования патологического процесса при помощи динамической и статической остеосцинтиграфии скелета в сравнении с данными реовазографии. При этом авторы отметили достоверное снижение

показателей интенсивности притока крови в пораженном сегменте, совпадающих с результатами реовазографии, и снижение фиксации РФП во всех участках деформированной головки бедренной кости, свидетельствующее о слабости костного метаболизма.

Не менее важной проблемой детской ортопедии является исследование интенсивности кровоснабжения и активности остеогенеза в костных отломках ложных суставов различной этиологии. Эти деформации приводят к функциональным и анатомо-морфологическим изменениям не только пораженного сегмента, но и всей конечности в целом [3, 24]. В отличие от приобретенных ложных суставов, составляющих 3 % всей ортопедической патологии [14], врожденные псевдоартрозы встречаются довольно редко и составляют 0,4-0,5 % [10, 57]. А.П. Поздеев (1998) изучил этиологию псевдоартрозов и указал на важную роль состояния васкуляризации и активности тканевого метаболизма в зоне ложного сустава. В настоящее время для оценки объёмного кровотока и анатомии сосудистого русла используются реовазография и контрастная ангиография, а для исследования состояния костной ткани – рентгенологический и патоморфологический методы исследования. Однако опыт проведенных многими авторами исследований позволяет рекомендовать ПФОСЦГ в качестве одного из объективных методов в изучении регионального кровотока и метаболизма костной ткани.

Как показал анализ литературных источников, по-прежнему актуальным остается вопрос о роли и целесообразности применения ПФОСЦГ и ее эффективности при различных заболеваниях ОДА у детей. Так, D. Franke (1982) отмечает существенную значимость полученных результатов для определения признаков аваскулярного некроза у больных с продолжительными болями при отрицательной рентгенологической и лабораторной картине, а, по мнению J. Wardlaw с соавторами (1991), данная методика не существенна при диагностике асептического некроза головки бедренной кости, заболеваний позвоночника, болевых синдромов неясной этиологии, травматических поражений. Высокое значение ПФОСЦГ отмечают S. Mirzaei с соавторами (1998), рекомендовавшие её использование при сомнительных клинико-лабораторных данных в диагностике полиартритов, причем авторы оценивают эффективность результатов сцинтиграфии выше рентгенологических. Аналогичной точки зрения придерживаются S. Sutter и D. Shelton (1996). Ряд авторов считает применение ПФОСЦГ скелета у детей с ортопедическими поражениями (остеомиелит, болезнь Легга-Кальве-Пертеса, доброкачественные костные поражения) оправданным и необходимым, и

более того, обязательным условием в комплексной первичной диагностике ортопедических заболеваний [55, 57]. А. R. Linke с соавт. (2010) рекомендуют комбинированное использование ПФОСЦГ и однофотонной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с целью увеличения диагностической точности [63].

Помимо этого следует напомнить об определенных трудностях в интерпретации сцинтиграфических данных, полученных при обследовании детей и подростков, поскольку законы роста и особенности потенции остеогенеза существенно отличаются от взрослого контингента [78, 88].

Практически отсутствует диагностический алгоритм применения методики ПФОСЦГ при заболеваниях ОДА у детей, а известные алгоритмы основаны на применении лишь стандартной ОСЦГ. Например, А.К. Морозов (2001) предлагает при диагностике опухолей и опухолеподобных заболеваний, особенно позвоночника, первоначально выполнять обзорную рентгенографию в стандартных проекциях, затем дополнять ее КТ и миелографией. В сомнительных случаях (при негативной рентгенологической картине, но при имеющихся клинических проявлениях) использовать остеосцинтиграфию и после этого – КТ, МРТ. При полиоссальных формах поражений автор рекомендует ОСЦГ, при сосудистых новообразованиях – контрастную ангиографию, а в качестве завершающего этапа диагностики – патоморфологический метод исследования. Следовательно, остеосцинтиграфии отводится роль арбитра в решении спорных вопросов, а также индикатора очагов поражения при полиоссальных формах.

Таким образом, как показал анализ литературы, имеются сведения об эффективности использования ПФОСЦГ, её преимуществах перед стандартной ОСЦГ. Однако работы, посвященные диагностике патологических состояний ОДА у детей с помощью этой методики, малочисленны, носят поисковый и экспериментальный характер, практически отсутствуют показания для её использования. Причем многие нозологические формы костной патологии вообще не освещены, хотя решение проблемы функциональной диагностики влияет на изучение многих теоретических аспектов этиологии и патогенеза заболеваний опорно-двигательного аппарата, эффективность как оперативного, так и консервативного лечения, разработку новых способов хирургического лечения. Использование новых высокоинформативных и высокотехнологичных методов радионуклидной диагностики позволит расширить возможности оценки морфофункциональных нарушений, как одного из ключевых компонентов патологического процесса при заболеваниях ОДА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абальмасова Е. А. Остеохондропатии : гл. 4 // Ортопедия и травматология детского возраста / под ред. М. В. Волкова, Г. М. Тер-Егизарова. М. : Медицина, 1983. С. 273-293.
2. Заболевания и повреждения позвоночника у детей и подростков / В. Л. Андрианов, Г. А. Баиров, В. И. Садофьева, Р. Э. Райс. Л. : Медицина, 1985. 256 с.
3. Белоусов В. Д., Чобану А. А., Чобану Ф. И. Консервативное лечение суставов длинных трубчатых костей. Кишинев : Штиинца, 1990. 217 с.
4. Нейротрофические нарушения в патогенезе болезни Пертеса / Ю. А. Веселовский, В. И. Садофьева, Е. Г. Рябкова, Т. А. Яковлева // Ортопедия, травматология и протезирование. 1987. № 4. С. 23-26.
5. Виноградова Т. П. Опухоли костей. М. : Медицина, 1973. 242 с.
6. Волков М. В. Болезни костей у детей. М. : Медицина, 1985. 512 с.
7. Демичев Н. П., Иванов В. Н. Дифференциальная диагностика гигантоклеточных опухолей костей // Ортопедия, травматология и протезирование. 1991. № 6. С. 51-58.
8. Гаммасцинтиграфическая оценка кровоснабжения ТБС-ва при болезни Пертеса / О. В. Дольницкий [и др.] // Там же. 1989. № 3. С. 49-51.
9. Зедгендизе Г. А. Клиническая рентгенодиагностика : руководство в 5 т. М. : Медицина, 1985. Т. 5. С. 495.
10. Капитанаки И. А. Врожденный ложный сустав голени // Врожденная патология опорно-двигательного аппарата. ., 1972. С. 168-175.
11. Каримова Л. Ф. Врожденные пороки костей голени (хирургическое лечение) : дис... д-ра мед. наук. Л., 1983. 368 с.
12. Клиническое применение короткоживущих радионуклидов : уч. пособие / Ю. Н. Касаткин, В. Ф. Смирнов, Т. М. Микерова, С. М. Миронов. М., 1981. 186 с.
13. Кузнецихин Е. П., Куликов С. В., Поляев Ю. А. Редкие формы парциального гигантизма, обусловленного гипоплазией сосудов // Клин. хирургия. 1993. № 2. С. 42-44.
14. Кузьменко В. В. Ложный сустав // Б.М.Э. М. : Советская энциклопедия, 1980. Т. 13. С. 260-263.
15. Линденбратен Л. Д., Лясс Ф. М. Медицинская радиобиология. М., Медицина. 1986. 366 с.
16. Миронов С. П., Касаткин Ю. Н. Детская радиология. М., 1993. 206 с.
17. Роль КТ в разработке и реализации методов малоинвазивной хирургии в клинике костной патологии / А. К. Морозов [и др.] // Вестн. травматологии и ортопедии. 2001. № 2. С. 5-10.
18. Нейман И. З., Павленко Н. Н., Сумин Ю. Г. Переломы дистрактора типа Харрингтона при оперативном лечении сколиоза // Ортопедия, травматология и протезирование. 1991. № 5. С. 26-29.
19. Поздеев А. П. Ложные суставы и дефекты костей у детей : дис... д-ра мед. наук. СПб., 1998. 287 с.
20. Руководство по ядерной медицине : уч. пособие / Т. П. Сиваченко [и др.]. Киев : Вища шк., 1991. 535 с.
21. Динамическая ангиосцинтиграфия и статическая сцинтиграфия ТБС-вов в комплексной диагностике болезни Пертеса / А. В. Руцкий [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. 1989. № 10. С. 35-39.
22. Садовой М. А., Фомичев Н. Г. Компьютерная оптическая система диагностики деформаций позвоночника у детей // Травматологии и ортопедии России. 1994. № 3. С. 43-51.
23. Свешников А. А. Радионуклидные методы, применяемые для оценки функционального состояния конечности при чрескостном остеосинтезе // Мед. радиология. 1986. № 8. С. 63-72.
24. Шевцов В. И., Макушин В. Д., Куфтырев Л. М. Лечение врожденного псевдоартроза костей голени // Чрескостный остеосинтез по методикам Российского научного центра «ВТО» им. академика Г. А. Илизарова. Курган, 1997. С. 257.
25. Костная ткань и фосфатные соединения, меченные Тс-99m / Л. А. Яковлева [и др.] // Мед. радиология. 1990. № 8. С. 37.
26. Abdel-Dayem H. M. The role of nuclear medicine in primary bone and soft tissue tumors // Semin. Nucl. Med. 1997. Vol. 27, No 4. P. 355-363.
27. Value of 24 hour image (four phase bone scan) in assessing osteomyelitis in patients with peripheral vascular disease / N. P. Alazraki [et al.] // J. Nucl. Med. 1985. Vol. 26. P. 711-717.
28. Alfeeli M. A., Naddaf S. Y., Syed G. M. Ewing sarcoma of the rib with normal blood flow and blood pool imaging on a 3-phase bone-scan // Clin. Nucl. Med. 2005. Vol. 30, No 9. P. 610-611.
29. Anger K., Kuper K. Quantitative whole-body bone scintigraphy. III. Clinical significance for the diagnosis of bone metastases, systemic bone diseases and diseases of the joint // Nuklearmedizin. 1980. Bd.19, H. 3. S. 108-119.
30. Impact of additional SPECT in bone scanning in tumor patients with suspected metastatic bone disease / I. Apostolova [et al.] // Ann. Nucl. Med. 2009. Vol. 23, No 10. P. 869-875.
31. Extraskelatal localization of 99mTc-labeled bone-seeking tracers in bone scintigraphy / S. M. Arend [et al.] // Neth. J. Med. 1994. Vol. 45, No 4. P. 177-191.
32. Barsky A. J. Macroductyly // J. Bone Joint Surg. 1967. Vol. 49-A, No 7. P. 1255-1266.
33. Becker W. The contribution of nuclear medicine to the patient with infection // Eur. J. Nucl. Med. 1995. Vol. 22, No 10. P. 1195-1211.
34. Bloem J. J., Donner R. Hyperplasia of palmar plates and macroductyly in a young child // J. Bone Joint Surg. 1981. Vol. 63-B, No 1. P. 114-116.
35. Boretz R. S., Lonner B. S. Atypical presentation of an osteoid osteoma in a child // BioSport Orthopaedics. 2002. Vol. 31, No 6. P. 347-348.
36. The role of bone scintigraphy in two cases of hereditary multiple exostoses / G. Cabello [et al.] // Rev. Esp. Med. Nucl. 2008. Vol. 27, No 5. P. 363-368.
37. Conwey J. J. Radionuclide Bone Scintigraphy in Pediatric Orthopedics // Pediatr. Clin. North Am. 1986. Vol. 33, No 6. P. 1313-1334.
38. Cheng I. C. Y., Chew S. K., Leung P. C. Classification of 578 cases of congenital upper limb anomalies with the IFSSH system-a 10 years experience // J. Hand Surg. 1987. Vol.12-A, No 6. P. 1055-1060.
39. David L. G., Judith M. A. Benign Bone Tumours // Semin. Nucl. Med. 1976. Vol. 6, No 1. P. 33-46.
40. Doppelfeld E., Frik W., Fuchs G. The aid of bone scans in diagnosis of fibrous dysplasia // Radiology. 1978. Vol. 18, No 2. P. 69-73.
41. Esdaile J., Rosenthal L. Radionuclide joint imaging // Comp. Ther. 1983. Vol. 9, No 9. P. 54-63.
42. Flatt A. E. The care of congenital hand anomalies. St. Louis : Missouri, 1994. 540 p.
43. Fogelman I. Diphosphanate bone scanning agents – current concepts // Eur. J. Nucl. Med. 1982. No 7. P. 506-509.
44. Franke D. Scintigraphically demonstrable bone contusions as a cause of aseptic bone necrosis // Fortschr. Med. 1982. Vol. 100, No 5. P. 177-178.
45. Comparative evaluation of three diphosphanates : in vivo adsorption (C-14 Labelled) and in vivo osteogenic uptake (Tc-99m complexed) / M. D. Francis [et al.] // J. Nucl. Med. 1980. No 21. P. 1185-1189.
46. Bone marrow scintigraphy in the diagnosis of bone metastasis in prostate cancer / H. Fuse, O. Nagakawa, J. Seto, T. Katayama // Int. Urol. Nephrol. 1994. Vol. 26, No 1. P. 53-64.
47. Gandsman E. J., McCullough R. W. Dynamic Bone Imaging in the Differential Diagnosis of Skeletal Lesions // Nucl. Med. Biol. 1990.

- Vol. 17, No 6. P. 533-541.
48. Geny M., Chanson L., Hoeffel J. C. Radiological appearances of congenital malformations of the hand // J. Radiol. 1980. Vol. 1, No 5. P. 353-359.
 49. Scintigraphy in differential diagnosis of the osteoid osteomas / F. Greco [et al.] // Ital. J. Orthop. Traumat. 1989. Vol. 15, No 1. P. 95-102.
 50. Greenspan A., Stadalnik R. C. A musculoskeletal radiologist's view of nuclear medicine // Semin. Nucl. Med. 1997. Vol. 27, No 4. P. 372-385.
 51. The effect of posttherapy ¹³¹I SPECT/CT on risk classification and management of patients with differentiated thyroid cancer / R. K. Grewal [et al.] // J. Nucl. Med. 2010. Vol. 51, No 9. P. 1361-1367.
 52. Goshen E., Zwas S. T. Three-phase Tc-99m MDP bone scan in reflex sympathetic dystrophy. Appearance and resolution of findings in bilateral disease // Clin. Nucl. Med. 1996. Vol. 21, No 5. P. 426-428.
 53. Hach A., Hahn K. The value of nuclear medicine for the diagnosis of spine diseases // Neurosurg. Rev. 1993. Vol. 16, No 2. P. 125-133.
 54. Hendler A., Herschkop M. When to use bone scintigraphy. It can reveal things other studies cannot // Postgrad. Med. 1998. Vol. 104, No 5. P. 54-6, 59-61, 65-66.
 55. Imhof H. Spinal diseases // Wien Med. Wochenschr. 1993. Vol. 143, No 10. P. 252-258.
 56. A case of Salmonella osteomyelitis of the rib / N. Ishiwa [et al.] // Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi. 1994. Vol. 42, No 1. P. 101-104.
 57. Johnson R. P. The role of bone imaging in orthopedic practice // Semin. Nucl. Med. 1997. Vol. 27, No 4. P. 386-389.
 58. ^{99m}Tc-MDP scintigraphy in high-voltage electrical burn patients / P. F. Kao [et al.] // Nucl. Med. Commun. 1997. Vol. 18, No 9. P. 846-852.
 59. Kelty N. L., Cao Z., Holder L. E. Technical considerations for optimal orthopedic imaging // Semin. Nucl. Med. 1997. Vol. 27, No 4. P. 328-333.
 60. Use of three-phase bone scans and SPET in the follow-up of patients with allogenic vascularized femur / M. N. Kirschner [et al.] // Nucl. Med. Commun. 1999. Vol. 20, No 6. P. 517-524.
 61. Bone scanning in children: technic and indications. Apropos of 50 cases / R. Kohler [et al.] // Chir. Pediatr. 1979. Vol. 20, No 6. P. 388-391.
 62. Recurrent osteoid osteoma: a case report with imaging features / R. Kumar [et al.] // Clin. Imaging. 2003. Vol. 27, No 4. P. 269-272.
 63. Skeletal SPECT/CT of the peripheral extremities / R. Linke [et al.] // AJR Am J Roentgenol. 2010. Vol. 194, No 4. P. W329-W335.
 64. Experiences with bone scanning in differential diagnosis of local bone lesions / I. Makaiova [et al.] // Czech. Med. 1981. Vol. 4, No 3. P. 153-158.
 65. Makitie A. A., Tornwall J., Makitie O. Bisphosphonate treatment in craniofacial fibrous dysplasia – a case report and review of the literature // Clin. Rheumatol. 2008. Vol. 7, No 6. P. 809-812.
 66. Three phase bone scanning and digital arteriograms for monitoring vascularized fibular grafts in femoral head necrosis / K. N. Malizos [et al.] // Int. Angiol. 1995. Vol. 14, No 3. P. 319-326.
 67. Marcuzzi A., Acciaro A. L., Landi A. Osteoid osteoma of the hand and wrist // J. Hand Surg. 2002. Vol. 27, No 5. P. 440-443.
 68. Mechev D. S., Ishchenko V. P. Radionuclide visualization of non-skeletogenous tumors using ^{99m}Tc-phosphates // Med. Radiol. 1987. Vol. 32, No 4. P. 44-47.
 69. Decisive diagnosis of seronegative polyarthritis by 3-phase bone scintigraphy / S. Mirzaei [et al.] // Nuklearmedizin. 1998. Vol. 37, No 7. P. 254-256.
 70. Murray I. P. Bone scanning in the child and young adult. Part I. // Skeletal Radiol. 1980. Vol. 5, No 1. P. 1-14.
 71. Nadel H. R. Pediatric bone scintigraphy update // Semin. Nucl. Med. 2010. Vol. 40, No 1. P. 31-40.
 72. Diagnostic imaging and therapy of chondroblastoma / J. Nickel [et al.] // Rontgenpraxis. 2002. Vol. 54, No 6. P. 224-231.
 73. Observer variation in the interpretation of bone scintigraphy / L. Ore [et al.] // J. Clin. Epidemiol. 1996. Vol. 49, No 1. P. 67-71.
 74. Peller P. J., Ho V. B., Kransdorf M. J. Extracranial Tc-99m MDP uptake: a pathophysiologic approach // Radiographics. 1993. Vol. 13, No 4. P. 715-734.
 75. Radulovic D. V., Slavik E., Rakic M. Osteoid osteoma of a cervical vertebral body // Zentralbl. Neurochir. 2008. Vol. 69, No 2. P. 90-92.
 76. Russell R. G. G., Smith R. Diphosphonates // J. Bone Joint Surg. 1973. Vol. 55-B. P. 66-86.
 77. Rosenthal L., Kaye M. ^{99m}Tc-pyrophosphate kinetics and imaging in metabolic bone disease // J. Nucl. Med. 1975. Vol. 16. P. 33-39.
 78. Rossmuller B., Hahn K., Fischer S. Bone scintigraphy in non-neoplastic diseases in children // Q. J. Nucl. Med. 1998. Vol. 42, No 2. P. 133-147.
 79. Bone tissue metabolic features in tuberculous and nonspecific large joint lesions as evidenced by osteoscintigraphy / I. B. Savin [et al.] // Probl. Tuberk. Bolezn. Legk. 2008. Vol. 12. P. 12-15.
 80. Aneurysmal bone cyst of the second metatarsal: three-phase bone scan findings and radiological assessment / B. Seven [et al.] // Hell. J. Nucl. Med. 2008. Vol. 11, No 3. P. 189-190.
 81. Nuclear medicine studies in evaluation of skeletal lesions in children with histiocytosis X / A. R. Siddiqui [et al.] // Radiology. 1981. Vol. 140, No 3. P. 787-789.
 82. Sutter C. W., Shelton D. K. Three-phase bone scan in osteomyelitis and other musculoskeletal disorders // Am. Fam. Physician. 1996. Vol. 54, No 5. P. 1639-1647.
 83. Bone and Tl-201 scintigraphy in a case of hereditary multiple exostoses. / A. Tani [et al.] // Clin. Nucl. Med. 2001. Vol. 26, No 12. P. 1028-1031.
 84. Treves S. Skeletal scintigraphy in the diagnosis of acute osteomyelitis // Hosp. Pract. 1979. Vol. 14, No 8. P. 66-73.
 85. Wahnert H. W. Benign skeletal diseases // Nuklearmedizin. 1981. Vol. 18. P. 566-571.
 86. Wardlaw J. M., Best J. J., Hughes S. P. Dynamic bone imaging in the investigation of local bone pathology – when is it useful? // Clin. Radiol. 1991. Vol. 43, No 2. P. 107-112.
 87. Sensitivity and specificity of 3-phase bone scintigraphy in the diagnosis of complex regional pain syndrome of the upper extremity / N. Wüppenhorst [et al.] // Clin. J. Pain. 2010. Vol. 26, No 3. P. 182-189.
 88. Yang K. T., Yang A. D. Evaluation of activity of epiphyseal plates in growing males and females // Calcif. Tissue Int. 2006. Vol. 78, No 6. P. 348-356.
 89. The role of radionuclide bone scintigraphy in fibrous dysplasia of bone / Y. Zhibin [et al.] // Clin. Nucl. Med. 2004. Vol. 29, No 3. P. 177-180.

Рукопись поступила 01.03.11.

Сведения об авторах:

1. Бергалиев А.Н. – ФГУ НИДОИ им. Г.И. Турнера Минздравсоцразвития РФ, научный руководитель лабораторного отдела, д.м.н.; e-mail: Bergaliev2006@mail.ru;
2. Фадеев Н.П. – РНЦПХТ Минздравсоцразвития РФ, главный научный сотрудник отдела лучевой диагностики, д.м.н., профессор;
3. Поздеев А.П. – ФГУ НИДОИ им. Г.И. Турнера Минздравсоцразвития РФ, научный руководитель отделения костной патологии, д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ.