

## ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТЕОМИЕЛИТА

Ковалинин В.В., Клещевникова К.Ю., Джанчатова Б.А.

**О**стеомиелит представляет собой серьёзное заболевание, имеющее довольно большую распространённость, которое требует долгосрочного, активного и от-носительно дорогостоящего лечения. В случае острых форм заболевания при отсутствии соответствующей терапии патологический процесс приобретает подострый или хронический характер. Для повышения качества лечения, предотвращения перехода процесса в хроническую форму и последующей инвалидизации пациентов необходимо обеспечить качественную и своевременную диагностику заболевания.

В настоящем обзоре представлены данные литературы о применении различных методов лучевой диагностики (рентгенологическое исследование, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковое исследование, радионуклидное исследование) при остеомиелите. Рассмотрены преимущества и недостатки конкретных методов для диагностики различных форм остеомиелита, особенности диагностики патологического процесса в зависимости от срока его давности. Затронуты вопросы использования различных методов в зависимости от локализации очага воспаления и распространённости процесса.

**Ключевые слова:** остеомиелит, рентгенологическое исследование, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), сцинтиграфия, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ).

## THE RADIOLOGY OF OSTEOMYELITIS

Kovalinin V.V., Kleshchevnikova K.Yu., Dzhanchatova B.A.

**O**steomyelitis is a serious disease with a considerable prevalence, which requires long-term, active and rather expensive treatment. In case of acute forms of the disease without appropriate therapy there is a risk that pathological process can become subacute or even chronic. The best way to improve the quality of the treatment, prevent transformation of the acute process to chronic forms and avoid disability is providing the high-quality and timely diagnosis of the disease. This review summarizes the literature on the use of different forms of diagnostic imaging (x-ray, computed tomography, magnetic resonance imaging, ultrasound, radionuclide study) in osteomyelitis. Advantages and disadvantages of different methods in diagnosis of various forms of osteomyelitis, diagnostic features of the pathological process depending on the period of limitation, the problems of using different methods depending on the localization of the inflammation and the prevalence of the process were considered in this paper.

**Keywords:** osteomyelitis, x-ray, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), ultrasonography (USG), scintigraphy, positron emission tomography (PET), single photon emission computed tomography (SPECT).

ГБОУ ВПО Первый Московский Государственный Медицинский Университет им. И. М. Сеченова.  
г. Москва, Россия

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University.  
Moscow, Russia

**О**стеомиелит — гнойно-некротическое заболевание, развивающееся в костном мозге, поражающее кости и окружающие их мягкотканые структуры.

Существует несколько классификаций остеомиелита. По характеру течения выделяют: острый, подострый и хронический. В зависимости от механизма заражения: посттравматический и гематогенный. По типу возбудителя: неспецифический, специфический (вызываемый *Mycobacterium tuberculosis* и др.) Также выделяют атипичные формы: абсцесс Броди - отграниченный некроз губчатого вещества кости, преимущественно локализующийся в проксимальном отделе большеберцовой кости, при котором происходит последующее её расплавление и образование полости; склерозирующий остеомиелит Гарре – форма, отличающаяся резко выраженным веретенообразным утолщением диафиза кости (обычно бедренной или большеберцовой), сопровождающимся образованием выпячивания на одной из его поверхностей; хронический рецидивирующий мультифокальный остеомиелит (ХРМО), который характеризуется множественными асептическими очагами в костной системе и длительным течением с периодами обострения и ремиссии [1].

#### **Эпидемиология.**

Среди взрослого населения посттравматический остеомиелит встречается в 3-25% случаев, обычно среди молодых мужчин.

В 15% случаев остеомиелит развивается у пациентов с трофическими язвами стоп, образовавшимися на фоне сахарного диабета. Повторное развитие инфекции наблюдается у 36% пациентов с сахарным диабетом.

На остеомиелит позвонков приходится 2-4% случаев (5,3 случая на 1000000 в год) [2].

Частота остеомиелита среди детей составляет примерно 1:5000. Чаще всего встречается гематогенный остеомиелит. Случаи посттравматического остеомиелита составляют примерно 30% [3].

#### **Этиология и патогенез.**

Основной возбудитель остеомиелита – гноеродные бактерии: стафилококк или ассоциация стафилококка с энтеробактериями и др. Специфический остеомиелит вызывают *Brucella*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Treponema pallidum*.

После проникновения возбудителя в костную ткань развивается воспалительная реакция, в очаге поражения скапливаются лейкоциты, выделяющие ферменты, разрушающие кость.

Диссеминация гноя по кровеносным сосудам приводит к секвестрации кости, что впоследствии может служить причиной развития хронического остеомиелита. Могут формиро-

ваться (чаще у пациентов детского возраста) периостальные абсцессы в связи с распространением инфекции в прилежащие мягкие ткани.

Особенно часто поражаются кости голени, бедренная, плечевая кости, позвонки, верхняя челюсть и височно-нижнечелюстной сустав, что связано с особенностями их кровоснабжения.

#### **Клиническая картина.**

Острый остеомиелит характеризуется признаками интоксикации (повышение температуры тела, головная боль, слабость, иногда потеря сознания, судороги, бред), симптоматикой со стороны сердечно-сосудистой (снижение артериального давления), дыхательной (одышка), пищеварительной систем (возможны боли в эпигастриальной области, гепатомегалия). Местные проявления определяются через несколько суток, когда общее состояние становится относительно удовлетворительным. Отмечается отёк и резкая болезненность поражённой области, локальная гипертермия. Болевой синдром выражен тем сильнее, чем выше внутрикостная гипертензия. Если очаг локализуется в непосредственной близости к суставу, это может приводить к развитию его контрактуры.

Может развиваться вторичное поражение других органов и костей вследствие метастазирования гнойных очагов.

Абсцесс Броди и склерозирующий остеомиелит Гарре обычно не сопровождаются выраженной симптоматикой: может присутствовать умеренная болезненность в поражённой области, субфебрильная температура тела.

При хроническом остеомиелите происходит образование свищей между гнойными очагами и мягкими тканями, что сопровождается истечением гноя. Может быть длительная субфебрильная лихорадка, а также боль в поражённой области [1].

Для остеомиелита позвонков кроме общих признаков остеомиелита (повышение температуры, боль в спине) характерны неврологические нарушения (снижение чувствительности, парезы, радикулопатия).

Основные методы диагностики остеомиелита:

1. Рентгенологическое исследование.
2. Компьютерная томография (КТ).
3. Магнитно-резонансная томография (МРТ).
4. Ультразвуковое исследование (УЗИ).
5. Радионуклидное исследование.

Рентгенографическое исследование на ранних сроках позволяет выявить изменение плотности окружающих кость мягких тканей, участки деструкции костной ткани, периостит. На поздних сроках (начиная с 14-ого дня) на рентгенограммах определяются обширные очаги деструкции, линейные, слоистые пери-

оставшие наслоения, участки склероза вокруг секвестров и зон деструкции и окружающая эти участки зона остеопороза. В случае посттравматического остеомиелита определяется замедление консолидации отломков.

Хронический остеомиелит на рентгенограммах проявляется гиперостозом (и, как следствие, деформацией кости), очагами деструкции кости, окружёнными зоной склероза; секвестрами, остеопорозом.

Фистулографию используют для диагностики свищей между полостями деструкции и мягкими тканями.

КТ применяется для оценки состояния костного мозга, мягких тканей, для выявления нарушений в структуре костных балок. Данные изменения при КТ появляются значительно раньше, чем при рентгенографии.

МРТ получила большое распространение в диагностике поражений костного мозга в связи с тем, что изменения в нём визуализируются при МРТ раньше, чем при КТ или рентгенографии.

УЗИ позволяет выявить на ранних сроках поднадкостничные абсцессы и скопления гноя в мягких тканях [4].

При радионуклидном исследовании в зоне поражения костной ткани определяется участок накопления радиофармакологического препарата.

Однако следует отметить, что ни одна из методик не может полностью подтвердить или опровергнуть диагноз остеомиелита.

#### **Рентгенологическое исследование.**

Рентгенография является основным методом в диагностике остеомиелита и позволяет выявить характерные структурные изменения в кости. В ранние сроки (на 3-5 день от начала заболевания) на рентгенограмме можно определить отёк мягких тканей, изменения фасциальных элементов и подкожной жировой клетчатки [5]. Наличие данных признаков позволяет сделать предположение об остеомиелите.

Через 10-21 день после начала болезни можно идентифицировать очаговые изменения в кости (остеолиз), периостальную реакцию, которая может проявляться в виде гипертрофии, утолщения надкостницы и приводит к образованию периостальных наслоений. Также можно наблюдать признаки регионального остеопороза, нарушение структуры костных балок [6,7]. С течением болезни вокруг очагов в кости появляется ободок склероза, а также могут определяться секвестры.

При подостром и хроническом остеомиелите можно определить наличие в эпифизах длинных трубчатых костей абсцессов Броди и других очаговых изменений.

Выявление изменений в костной ткани и периостальной зоне говорит о том, что инфек-

ционный процесс начался не меньше 1-2 недель назад. За этот срок плотность костной ткани уменьшается на 30-50%, что позволяет визуализировать изменения на рентгенограммах [6,7,8]. Выявление изменений на рентгенограммах при остеомиелите плоских костей возможно только через 6 недель от начала заболевания [9].

Согласно рекомендациям Американского общества инфекционных болезней [10], если на первой рентгенограмме нет чётких признаков остеомиелита, необходимо сделать вторую не раньше чем через 2-4 недели, прежде чем прибегать к другим, более сложным и дорогостоящим исследованиям.

К 28-ому дню болезни на 90% рентгенограмм можно визуализировать изменения в костной ткани [11].

Точность рентгенографии в ранней диагностике остеомиелита составляет 50-60% [12]. Чувствительность метода - 43-75%, специфичность - 75-83% [2,6,8].

При наличии изменений на рентгенограмме, которые могли бы свидетельствовать в пользу остеомиелита, дифференциальный диагноз необходимо проводить с септическим артритом, саркомой Юинга, остеосаркомой, ювенильным артритом, серповидно-клеточным кризом, болезнью Гоше и стрессовыми переломами. Дифференциальная диагностика остеомиелита и стопы Шарко у пациентов с признаками деструкции костной ткани в значительной степени затруднена из-за недостаточной специфичности рентгенографического метода исследования.

При подостром остеомиелите значимые изменения при рентгенографии обычно отсутствуют. Абсцесс Броди на рентгенограммах выглядит как очаг деструкции костной ткани с зоной склероза по краям [13]. Особую трудность представляет дифференциальная диагностика очагов подострого гематогенного остеомиелита (в том числе абсцесса Броди) и опухолей костной ткани.

В диагностике хронического остеомиелита рентгенографическое исследование является первоочередным. О наличии остеомиелита с большой долей вероятности говорят нарушение целостности кортикального слоя и периостальная реакция.

При ХРМО на рентгенограммах определяются множественные очаги остеолиза с зоной склероза вокруг. Хроническое воспаление в зоне метафиза может приводить к изменению формы длинных костей за счёт её утолщения и процессов склерозирования в метафизе, что является характерным диагностическим признаком при ХРМО. Не смотря на то, что воспаление может затрагивать кортикальный слой, нарушение его целостности следует рассматривать как неблагоприятный признак, указыва-

ющий на возможную малигнизацию процесса [14,15].

Склерозирующий остеомиелит Гарре на рентгенограммах выглядит как зона расширения кости за счёт обширного склероза. Очагов деструкции и секвестров обычно не бывает [13].

Обычная рентгенография позвоночного столба нечувствительна к остеомиелиту позвонков [16]. По данным Норкинсон N. и др., только на 32% рентгенограмм были зафиксированы признаки инфекции межпозвоночных дисков [17].

В исследовании Даниеляна Ш.Н. и др. среди 47 пациентов с остеомиелитом костей грудной клетки структурные изменения в костной ткани при рентгенографическом исследовании были выявлены только у 7 пациентов (14,9% от общего числа наблюдений). У 41 пациента с гнойными ранами или свищами грудной стенки была выполнена рентгеноконтрастная фистулография; в 36 случаях (87,8%) скопление контрастного вещества вокруг костей грудной клетки косвенно указывало на вовлечение костных структур в воспалительный процесс. Патологические изменения рёбер определялись только у пациентов с давностью заболевания более 4 месяцев [18].

#### **Компьютерная томография (КТ).**

КТ позволяет получить чёткое изображение кортикального слоя, оценить состояние окружающих мягких тканей, определить наличие секвестров и периостальных наслоений, детально визуализировать остеолит кортикального слоя и костных балок. Настоящая методика намного чувствительнее к данным изменениям и позволяет визуализировать менее выраженные изменения, чем обычная рентгенография [6,19]. КТ даёт наиболее полную информацию о степени распространения инфекционного процесса. Особенно большое диагностическое значение КТ имеет при подостром и хроническом остеомиелите [20].

Чувствительность КТ в диагностике остеомиелита составляет 67 %, специфичность - 50 % [6].

С помощью КТ можно намного лучше, чем при рентгенографии, визуализировать патологический процесс в грудине, позвонках, костях таза, пяточной кости. КТ используется для определения признаков остеомиелита в костях со сложной анатомической структурой.

Очаги остеомиелита на компьютерной томограмме выглядят как участки пониженной плотности. В полости абсцесса может быть виден газ. Костный мозг представляет собой образование повышенной плотности, что связано с наличием воспалительных изменений.

Для того чтобы идентифицировать изменения в костной ткани на КТ, как и на рентгенограмме, от начала заболевания должно прой-

ти больше недели.

При КТ можно чётко локализовать очаги инфекции, выявленные с помощью других методов лучевой диагностики. КТ позволяет хирургу точно определить объём операции и выбрать место для проведения диагностической пункции [11].

КТ является методом выбора в диагностике хронического остеомиелита таза, позволяет чётко визуализировать структурные изменения в костной ткани.

В случае, когда нет возможности провести МРТ исследование, КТ с контрастированием и мультипланарная реконструкция могут быть использованы для экстренной диагностики остеомиелита [21].

Подострый остеомиелит может выглядеть по-разному на КТ. Он может быть представлен единичным очагом, окружённым линейной зоной остеосклероза, отграничивающей его от кортикального слоя. Наиболее типичная форма подострого остеомиелита, абсцесс Броди, обычно располагающийся в метафизе кости, может распространяться в эпифиз вдоль эпифизарного хряща. Его размер 1-5 см, форма овоидная, вытянутая вдоль длинника кости. В типичных случаях периостальная реакция и секвестрация отсутствуют. При расположении абсцесса Броди в диафизарной части кости может определяться периостальная реакция, секвестрирование и утолщение кортикального слоя. При данной форме подострого остеомиелита дифференциальный диагноз проводится с эозинофильной гранулёмой и остеоид-остеомой. Также подострый остеомиелит может выглядеть как зона метафизарного остеолита с деструкцией кортикального слоя. В этом случае круг заболеваний для дифференциального диагноза такой: остеосаркома и аневризматическая костная киста. В некоторых случаях подострый остеомиелит проявляется утолщением кортикального слоя диафиза кости в связи с периостальной реакцией и изменениями эндоста. Дифференциальный диагноз проводится с остеоид-остеомой и стрессовыми переломами. Ещё одним вариантом являются многослойные периостальные наслоения. В этом случае основное заболевание, с которым следует проводить дифференциальный диагноз, - это саркома Юинга.

По данным Дьячковой Г.В. и др., костная деструкция при хроническом остеомиелите (в результате гнойно-некротического поражения диафиза бедренной кости) на компьютерных томограммах может выглядеть следующим образом: центральный очаг деструкции костной ткани, сопровождающийся мелкоочаговой деструкцией кортикального слоя (59,3 %), единичный очаг деструкции (14,8 %), сотовидная или множественно-очаговая деструкция (14,8



%) и резорбирующая деструкция (11,1 %) [22].

В исследовании Даниеляна Ш.Н. и др. было показано, что при КТ определялось состояние мягких тканей грудной стенки и средостения при остеомиелите костей грудной клетки, но структурные воспалительные изменения костной ткани визуализировались лишь в 48,3% случаев заболевания [18].

В острую фазу посттравматического остеомиелита изменения, выявляемые на КТ, являются неспецифическими. Однако при переходе процесса в подострую и хроническую стадии МСКТ помогает достоверно оценить распространённость и выраженность воспалительного процесса, визуализировать изменения, которые плохо видны на рентгенограммах (мелкие осколки и секвестры, зоны фиброза в мягких тканях, абсцессы и свищевые ходы).

### **Магнитно-резонансная томография (МРТ).**

При МРТ можно увидеть ранние (развившиеся в течение 1-5 дней после начала болезни) воспалительные изменения в костном мозге и мягкотканых структурах. Этот вид исследования имеет большое значение в диагностике внутрикостных и субпериостальных абсцессов, свищевых ходов [6]. МРТ позволяет оценить область распространения патологического процесса, благодаря тому, что визуализируется чёткая граница между краем кости и зоной отёка мягких тканей. При МРТ можно оценить поражение суставов инфекцией.

При МРТ дифференциальный диагноз острого гематогенного остеомиелита следует проводить с травмами, неинфекционными воспалительными и метаболическими заболеваниями, гистиоцитозом, злокачественными и доброкачественными опухолями.

Основная проблема дифференциальной диагностики острого процесса – определить причину отёка мягких тканей. При злокачественных новообразованиях (остеоид-остеоме, остеобластоме, хондробластоме), эозинофильной гранулёме, стрессовых переломах увеличение объёма отёчных тканей непропорционально размеру очага воспаления. Отёк, вызванный инфекционным артритом, имеет меньшую интенсивность на T1-взвешенных изображениях, чем при остеомиелите [23].

При остро развившейся невропатической остеоартропатии (острая стадия стопы Шарко) изменения в костном мозге, визуализируемые при МРТ, сходны с изменениями, наблюдаемыми при остеомиелите [8,24].

В случае необходимости более детального исследования можно использовать контрастные препараты, содержащие наночастицы железа, обладающие суперпарамагнитными свойствами. Они уменьшают время релаксации T1 и частично T2. После введения в организм эти ча-

стицы захватываются клетками ретикулоэндотелиальной системы и накапливаются в макрофагах и фибробластах в очаге воспаления. Использование данных контрастных веществ может помочь более чётко визуализировать область воспаления и провести дифференциальную диагностику с новообразованиями [25,26].

Для диагностики состояния мягких тканей, окружающих кость, и костного мозга МРТ является более точным методом, чем КТ. Периостальная реакция часто не визуализируется на МРТ, однако если она всё-таки определяется, то ещё до стадии оссификации, поэтому видна на МРТ раньше, чем при КТ.

На T1-взвешенных изображениях зоны поражённой кости имеют низкую плотность сигнала. На T2-взвешенных изображениях и в режиме последовательности STIR костный мозг визуализируется как зона высокой плотности.

Хотя чувствительность МРТ для диагностики остеомиелита высока (приблизительно 98%), специфичность намного ниже (около 75%). Специалистами S. Terry Canale, James H. Beaty, проводилось исследование, в котором было показано, что почти в 60% случаев неосложнённого инфекционного артрита с выпотом в полость сустава на МРТ отмечалось изменение плотности костного мозга, что было ошибочно расценено как остеомиелит [27].

При сахарном диабете МРТ обладает низкой специфичностью (специфичность 79%, чувствительность 90%), чем объясняется трудность в дифференциальной диагностике остеомиелита и других заболеваний, сопровождающихся отёком надкостницы (например, стопа Шарко) [8, 28].

Использование контрастов с гадолинием позволяет лучше различить изменения в костном мозге, а также нарушения кровоснабжения кости. Гадолиний накапливается в гиповаскулярных участках кости, что позволяет дифференцировать остеомиелит от флегмоны мягких тканей или абсцесса. Исследования с контрастными препаратами не повышают чувствительность и специфичность МРТ в диагностике остеомиелита, но позволяют с большей уверенностью предполагать наличие данного заболевания, если на МР-томограмме имеются признаки периостального отёка или отёка мягких тканей [29].

Отёк мягких тканей лучше всего визуализируется в режиме подавления сигнала от жировой ткани, в котором получаемое изображение имеет намного лучшее качество, чем на рентгенограммах или компьютерных томограммах.

В случае использования последовательности STIR МРТ имеет 100% прогностическую ценность отрицательного результата, и диагноз остеомиелита может быть исключён при отсут-

ствии изменений на МР-томограммах [11].

В некоторых случаях визуализация жировой ткани имеет смысл, так как при остром остеомиелите происходит гнойный некроз костного мозга, вследствие чего высвобождаются частицы свободного жира, образующие комплексы с гноем, которые могут быть обнаружены. Наличие жира в мягких тканях объясняют его проникновением через гаверсовы каналы, и это считается косвенным признаком нарушения целостности кортикального слоя кости [30]. Также в исследовании Davies A.M. и др. было показано, что при остром остеомиелите в очаге воспаления определяются частицы жира, что связано либо с отёком костного мозга, либо с наличием линейных или шаровидных частиц некротизированного костного мозга [31].

Кроме того МРТ позволяет намного легче и точнее, чем сцинтиграфия, визуализировать внекостные проявления и осложнения острого остеомиелита такие, как субпериостальный абсцесс, пиомиозит, инфекционный артрит рядом расположенных суставов. Таким образом, МРТ – незаменимый метод исследования для определения операционной тактики при лечении острого остеомиелита [32,33].

Исследований диагностической ценности МРТ при подостром остеомиелите существует немного, однако можно утверждать, что МРТ позволяет значительно сузить круг заболеваний для дифференциального диагноза.

Абсцесс Броди на МРТ выглядит следующим образом: центральная зона (гной) – участок пониженной интенсивности сигнала на T1-взвешенных изображениях и повышенной на T2-взвешенных изображениях; внутреннее кольцо (стенка полости абсцесса) – нормальной интенсивности на T1-изображениях и повышенной на T2-изображениях; наружное кольцо (зона склероза) – зона сниженной интенсивности в T1- и T2-режимах; периферическая зона (перифокальный отёк) – гипоинтенсивный участок на T1-взвешенных изображениях и гиперинтенсивный на T2-взвешенных.

На T1-взвешенных изображениях стенка полости абсцесса выглядит как образование более высокой интенсивности по сравнению с другими элементами абсцесса Броди. Данное явление называется признак «полутени». Это связано с тем, что вокруг стенки полости абсцесса образуется грануляционная ткань, богатая большим количеством парамагнитных веществ, производимых макрофагами. Признак «полутени» больше выражен на ранних стадиях процесса образования грануляционной ткани. Это довольно специфический симптом (специфичность 99%) для диагностики абсцесса Броди, хотя его чувствительность невелика (по данным различных исследований 27-75%), значения прогностической ценности положитель-

ного и отрицательного результатов превосходят 90% [34, 35].

При хроническом остеомиелите на МРТ определяется чёткая краевая зона повышенной интенсивности сигнала вокруг очага воспаления. Свищи и зоны целлюлита выглядят как гиперинтенсивные участки на T2-взвешенном изображении.

МРТ является методом выбора в диагностике остеомиелита позвонков. Было показано, что МРТ с контрастированием гадолинием имеет более высокую чувствительность и специфичность, чем сцинтиграфия в диагностике данного процесса [11, 29, 36, 37].

Кароог А. и др. провели мета-анализ для определения диагностической ценности МРТ при остеомиелите стоп; он включал исследования, которые удовлетворяли необходимым критериям. Диагностическое отношение шансов для МРТ было 42,1, а специфичность 82,5%, при показателе чувствительности на уровне 90%. Показатель диагностического отношения шансов для МРТ сравнили с таковым для других методик, были получены следующие результаты: 149,9 против 3,6 для сцинтиграфии с технецием-99m; 81,5 против 3,3 для рентгенографии; 120,3 против 3,4 для сцинтиграфии с лейкоцитами, мечеными индием-111 [38].

Недостатками МРТ являются высокая стоимость, артефакты в случае наличия металлических конструкций и плохая визуализация кортикального слоя при хроническом остеомиелите [27]. Однако в Rosen's Emergency Medicine, наоборот, отмечается, что при МРТ превосходно определяются малейшие изменения в кортикальном слое [39].

#### **Ультразвуковое исследование (УЗИ).**

УЗИ используется в диагностике острого гематогенного остеомиелита. При инфекционном процессе, локализованном в костном мозге, определяется отёк надкостницы при сохранении целостности кортикального слоя. В случае распространения процесса на окружающие ткани визуализируется субпериостальный отёк при нарушении целостности кортикального слоя. Наибольшую ценность УЗИ имеет в диагностике субпериостального абсцесса.

УЗИ позволяет на ранней стадии заболевания выявить отёк и инфильтративные изменения в мышцах, а также скопления жидкости [40].

УЗИ в интрамедуллярной фазе процесса характеризуется высокой специфичностью (98,1%) и довольно низкой чувствительностью (86,3%), что связано с трудностями при визуализации отёчной надкостницы [41].

УЗИ успешно используется для проведения дифференциального диагноза острого гематогенного остеомиелита с абсцессами мягких тканей, инфекционными артритами и злокаче-

ственными новообразованиями костей у пациентов детского возраста. Однако данный метод довольно субъективен, визуализация тех или иных процессов в костях и окружающих их тканях зависит от квалификации и опыта оператора. Диагностическая точность метода около 60% [27].

Чувствительность, специфичность и точность УЗИ в диагностике острого гематогенного метаэпифизарного остеомиелита у детей составляет 92,59%, 84,61% и 91,04% соответственно, что позволяет использовать метод для ранней диагностики данного заболевания [42].

#### Радионуклидные исследования.

Радионуклидные исследования имеют большее значение в диагностике острого остеомиелита, а не хронического, в отличие от большей части других методов. Так, например, при остром процессе на рентгенограммах обычно не выявляется никаких признаков заболевания. На ранних сроках заболевания сцинтиграфия позволяет определить точную локализацию воспалительного процесса в костной ткани.

При сцинтиграфии с технецием-99m визуализируются участки усиленного кровотока в зонах развития патологического процесса. Аналогичные изменения будут обнаруживаться при невропатической артропатии и гнойных заболеваниях мягких тканей, поэтому требуется проведение дифференциального диагноза. У данной методики высокая прогностическая ценность отрицательного результата, однако, имеется достаточно большое количество ложноотрицательных и ложноположительных результатов. Таким образом, выполнение только сцинтиграфии с технецием-99m не достаточно для точной диагностики остеомиелита, и требуется проведение других исследований для окончательной постановки диагноза.

Сцинтиграфия с технецием-99m может быть использована для подтверждения диагноза в течение 24-48 часов с начала развития инфекционного процесса у 90-95% пациентов [27, 43].

Сцинтиграфия с технецием-99m обладает чувствительностью 80-100 % в диагностике остеомиелита [5]. В мета-анализе Dinh M.T. и др. были подсчитаны показатели чувствительности и специфичности сцинтиграфии с технецием-99m для диагностики остеомиелита у пациентов с диабетической стопой: чувствительность получилась равной 81%, что выше чем у рентгенографии, и значит, сцинтиграфия больше подходит для ранней диагностики остеомиелита; но специфичность оказалась всего 28% [28]. Низкая специфичность главным образом связана с невозможностью при сцинтиграфии отличить остеомиелит от любого другого воспалительного процесса в стопе (например, острая стадия стопы Шарко или остеомие-

лит в стадии разрешения) [44]. Кроме того имеются трудности в определении конкретной анатомической локализации процесса и степени распространённости инфекции.

По данным Даниеляна Ш.Н. и др. [18], сцинтиграфия при остеомиелите костей грудной клетки является высокочувствительным методом для определения распространённости и интенсивности патологического процесса в костной ткани и является методом выбора в оценке динамики воспалительных изменений и эффективности проводимой терапии.

Клиническое исследование Malamitsi J. и др. среди 45 пациентов с установленной или предполагаемой инфекцией костной ткани, в котором испытуемым было проведено более 50 сцинтиграфических исследований с ципрофлоксацином, меченым технецием-99m, показало, что чувствительность и специфичность данного метода исследования для диагностики остеомиелита 97,2% и 80% соответственно, а прогностическая ценность положительного и отрицательного результатов – 94,6% и 88,9% соответственно [45].

При проведении сцинтиграфии с галлием радиофармпрепарат накапливается в местах скопления лейкоцитов и бактерий. Галлий может накапливаться у пациентов с острым остеомиелитом в тех очагах, в которых отмечалось нормальное или пониженное накопление технеция («холодные очаги») [6].

Сцинтиграфия с лейкоцитами, мечеными индием-111, – более чувствительная методика, она особенно полезна при проведении дифференциального диагноза с невропатической артропатией при диабетической стопе. Лейкоциты *in vitro* метят индием-111, вводят пациенту и делают снимки через 4 и 24 часа. Обычно лейкоциты накапливаются только в очагах развития инфекционного процесса, поэтому шанс получения ложноположительных результатов (например, при невропатической артропатии) меньше. Основная проблема заключается в том, что при данном исследовании невозможно отличить воспалительный очаг в кости от очага в мягких тканях и установить его точную локализацию. Для определения точной локализации необходимо провести сцинтиграфию с технецием-99m. Другим недостатком сцинтиграфии с лейкоцитами, мечеными индием-111, является то, что данная методика обладает низкой чувствительностью (<20 %) для диагностики остеомиелита позвонков [43].

По данным мета-анализа Dinh M.T и др. было показано, чувствительность сцинтиграфии с лейкоцитами, мечеными индием-111, составляет 74%, специфичность – 68% [28]. Сочетание данной методики с сцинтиграфией с технецием-99m обладает более высокой точностью (чувствительность 90%, специфичность



70-90%) [46].

Lazzeri E. и др. было проведено исследование по оценке диагностической ценности сцинтиграфии с комплексом стрептавидин - биотин, меченным индием-111. Радионуклидное исследование проводилось через 2 недели после появления симптомов инфекции у 55 испытуемых с подозрением на остеомиелит позвонков. В дополнение к данной методике пациентам проводились МРТ и КТ. Чувствительность и специфичность составили 94,12% и 95,24% соответственно для сцинтиграфии с комплексом стрептавидин - биотин, меченным индием-111; 54,17% и 75% для МРТ; 35,29% и 57,14% для КТ [47].

Радионуклидные исследования с галлием и лейкоцитами, меченными индием-111, также могут помочь в постановке диагноза и при оценке состояния пациента в послеоперационном периоде.

В случае отсутствия изменений в кости при данных исследованиях можно исключить диагноз остеомиелита. Однако при наличии дегенеративных заболеваний суставов, опухолей костной ткани и после недавно перенесённых операций сцинтиграфия может давать ложноположительные результаты.

При сцинтиграфии с антигранулоцитарными антителами пациенту вводится препарат (антигранулоцитарные антитела, меченные технецием-99m), который *in vivo* связывается с гранулоцитами. Приготовление препарата занимает немного времени и не требует стерильных условий. При оценке снимков через 1 час [48] и через 4 часа [49] после введения антител было показано, что чувствительность данного метода составила 90%, специфичность - 70%. В мета-анализе, который позднее провели Rakos E.E. и др. приведены данные, что чувствительность сцинтиграфии с антигранулоцитарными антителами в диагностике остеомиелита составляет 81%, специфичность - 77% [50].

У пациентов с признаками высокой степени накопления препарата на ранних снимках нет необходимости в проведении исследования на более поздних сроках. Напротив, при слабом накоплении препарата рекомендуется выполнить повторный снимок через 24 часа. Однако данный метод довольно дорогостоящий и в настоящее время доступен далеко не везде.

Сцинтиграфия с галлием является довольно чувствительным и специфичным методом для диагностики остеомиелита позвонков, но при данном исследовании детализация анатомических структур намного хуже, чем при МРТ. Можно использовать сцинтиграфию с галлием в случаях, когда невозможно выполнить МРТ или когда при МРТ не получено достоверных признаков наличия заболевания.

При сцинтиграфии пациент подвергает-

ся лучевой нагрузке, поэтому, согласно последним рекомендациям, при подозрении на острый гематогенный остеомиелит у пациентов детского возраста следует проводить МРТ, а не сцинтиграфию [51].

Минусами радионуклидных исследований являются их высокая стоимость, а также длительное время, требуемое для полноценной обработки результатов исследования (в некоторых случаях больше суток). Кроме того, изменения при сцинтиграфии могут сохраняться в течение нескольких месяцев после успешно проведённого лечения. Для выполнения сцинтиграфии с лейкоцитами, меченными индием-111, требуется высококвалифицированный персонал.

Позитронно-эмиссионная томография (или сочетание ПЭТ/КТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография также могут быть использованы для диагностики остеомиелита.

Систематический обзор и мета-анализ, проведённые Termaat M.F. и др. для определения чувствительности и специфичности различных методик исследования для диагностики хронического остеомиелита, основываются на 23 клинических исследованиях. Оценивались следующие методики: рентгенография, МРТ, КТ, сцинтиграфия с технецием-99m, сцинтиграфия с лейкоцитами, меченными индием-111, сцинтиграфия с галлием, смешанная сцинтиграфия с технецием-99m и лейкоцитами, меченными индием-111, смешанная сцинтиграфия с технецием-99m и галлием и ПЭТ. Мета-анализ данных, полученных при КТ, сцинтиграфии с галлием и рентгенографии, не проводился, так как было проведено всего 1 исследование по каждой из данных методик. Согласно полученным результатам ПЭТ оказалась наиболее точной методикой для подтверждения или исключения диагноза хронического остеомиелита. Были получены следующие показатели чувствительности и специфичности: 96% и 91% соответственно для ПЭТ; 82% и 25% для сцинтиграфии с технецием-99m; 61% и 77% для сцинтиграфии с лейкоцитами, меченными индием-111; 78% и 84% для смешанной сцинтиграфии с технецием-99m и лейкоцитами, меченными индием-111; 84% и 60% соответственно для МРТ [52].

Hartmann A. и др. было проведено исследование по определению точности ПЭТ/КТ среди пациентов с наличием травмы в анамнезе и с подозрением на развитие хронического остеомиелита. Среди 33 ПЭТ/КТ-исследований 30 были выполнены правильно, на 17 из которых были найдены изменения костной ткани, а на 13 не обнаружено никаких изменений. Было 2 ложноположительных результата и 1 ложноотрицательный. Чувствительность, специфич-



ность и точность для ПЭТ/КТ составили 94%, 87% и 91%, соответственно, для всей группы испытуемых; 88%, 100% и 90% - для пациентов с очагами инфекции в осевом скелете (позвонках); 100%, 85% и 91% - для группы пациентов с очагами хронической инфекции в костях конечностей [53].

В исследовании Kagna O. и др. была проведена оценка роли ПЭТ/КТ в диагностике остеомиелита у пациентов с диабетической стопой. В данном проспективном исследовании участвовали 39 пациентов, у которых предполагалось наличие 46 очагов инфекции стоп. Окончательный диагноз был поставлен на основании гистологического или бактериологического исследования образцов, полученных в ходе операции, и подтверждён лабораторными и лучевыми методами диагностики. С помощью ПЭТ/КТ наличие признаков остеомиелита было подтверждено в 18 очагах инфекции и опровергнуто в 21. Среди 20 зон накопления  $^{18}\text{F}$ -ФДГ 2 были расценены как ложноположительный результат, а 5 – как очаги диабетической остеоартропатии. Исходя из клинического анализа пациентов, ПЭТ/КТ имеет чувствительность, специфичность и точность – 100%, 92%, 95 % соответственно. Основываясь на анализе очагов поражения, значения чувствительности, специфичности, точности для ПЭТ/КТ получились 100%, 93% и 96 % соответственно [54].

При остеомиелите тазовых костей ПЭТ является более точным методом оценки симметричности и активности процесса и определения локализации очагов поражения, чем сцинтиграфия с технецием-99m в связи с тем, что синхондрозы тазовых костей имеют сходство с технецием-99m, что затрудняет интерпретацию результатов.

Преимущества в проведении ОФЭКТ в дополнении к сцинтиграфии с технецием-99m были изучены в исследовании Norgers M. и др. среди 31 пациента с подозрением на инфекцию костей, сделанным на основе клинической картины и изменений, выявленных при проведении сцинтиграфии. Остеомиелит был подтверждён или исключён после проведения биопсии, операции или длительного клинического наблюдения. Изменения на ОФЭКТ были выявлены у 7 пациентов с окончательным и подтверждённым диагнозом остеомиелита и у 19 пациентов без инфекционного процесса в костной ткани. Было 2 ложноположительных и 2 ложноотрицательных результата, а результаты 1 исследования были некорректны. Чувствительность составила 78%, специфичность - 86%. На основании этого был сделан вывод, что ОФЭКТ чаще даёт точные результаты в диагностике остеоми-

елита, чем сцинтиграфия с технецием-99m [55].

#### **Заключение.**

В диагностике острого остеомиелита на ранней стадии процесса (в первые 10-14 дней) методом выбора является МРТ, так как при данном исследовании возможно выявить отёк надкостницы и мягких тканей, изменения в костном мозге – основные признаки заболевания в начальной стадии. Более простым и доступным методом остается рентгенография, однако изменения в мягких тканях не будут достоверно определяться.

На поздних стадиях острого остеомиелита (через 2 недели после начала заболевания), когда появляются изменения в костной ткани, рентгенография приобретает большее диагностическое значение: визуализируются остеолиз, периостальная реакция, утолщение надкостницы, периостальные наслоения, региональный остеопороз, нарушение структуры костных балок, секвестры. Данные изменения более чётко определяются при КТ, но, как и при рентгенографии, для визуализации изменений должно пройти больше недели.

Также для диагностики острой стадии остеомиелита можно использовать УЗИ: оно позволяет на ранней стадии заболевания выявить отёк и инфильтративные изменения в мышцах и мягких тканях, а также скопления жидкости.

Радионуклидные исследования успешно используются для диагностики острого остеомиелита. Также сцинтиграфия позволяет оценить состояние пациента в послеоперационном периоде и эффективность проводимой терапии.

При подостром остеомиелите на рентгенограммах обычно не определяются очаговые изменения. Методом выбора при данной форме заболевания является КТ.

При хроническом остеомиелите рентгенография является одним из основных методов диагностики, она позволяет определить наличие очаговых деструктивных изменений в кости. КТ позволяет точнее визуализировать данные изменения. МРТ также является достаточно точным методом диагностики хронического остеомиелита. В диагностике остеомиелита позвонков методом выбора является МРТ (особенно с использованием гадолиния в качестве контрастного вещества). Для диагностики остеомиелита плоских костей наиболее точной методикой является КТ. Осложнения остеомиелита (субпериостальные абсцессы, свищи) лучше всего визуализируются с помощью МРТ и УЗИ.

**Список литературы:**

1. Хирургические болезни детского возраста: Учеб. в 2 т./Под ред. Ю.Ф.Исакова. – М.:ГЭОТАР-МЕД, 2004. – Т.1. – 632 с.
2. Osteomyelitis in adults, First Consult, 2011.
3. Nelson Textbook of Pediatrics, Nineteenth Edition, Sheldon F. Caplan (Chapter 676), 2394 – 2398, - 2011.
4. Лучевая диагностика: Учебник Т.1./Под ред. Труфанова Г.Е. – М.:ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 416 с.
5. Netter's Pediatrics, Todd A. Florin, and Stephen Ludwig, Chapter 88, 547-552, 2011.
6. Pineda C., Espinosa R., Pena A., et al : Radiographic imaging in osteomyelitis: the role of plain radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and scintigraphy. *Semin Plast Surg* 2009; 23: 80-89.
7. Feigin and Cherry's Textbook of Pediatric Infectious Diseases , Seventh Edition. James D. Cherry, Gail J. Harrison, Sheldon L. Kaplan, William J. Steinbach, and Peter J. Hotez. Chapter 55, 711-727.e5, 2014.
8. Osteomyelitis in the Diabetic Foot. Frances L. Game. *Medical Clinics of North America*, 2013-09-01, Volume 97, Issue 5, Pages 947-956.
9. Bone and Joint Infections. Markus Pääkkönen, and Heikki Peltola. *Pediatric Clinics of North America*, 2013-04-01, Volume 60, Issue 2, Pages 425-436.
10. Lipsky B.A., Berendt A.R., Deery H.G., et al: Diagnosis and treatment of diabetic foot infections. *Clin Infect Dis* 2004; 39: 885-910.
11. Pineda C, Vargas A, Rodriguez A, et al: Imaging of osteomyelitis: Current concepts. *Infect Dis Clin North Am* 2006; 20: 789-825.
12. Diabetic foot osteomyelitis, A. Hartemann-Heurtier, and E. Senneville, *Diabetes and Metabolism*, 2008-04-01, Volume 34, Issue 2, Pages 87-95.
13. Рентгенодиагностика острого и хронического неспецифического воспаления костно-суставного аппарата. Лекция. – Жарков П.А. - Вестник Российского научного центра рентгенодиагностики Минздрава России, №12, том 3, 2012.
14. Sato TS, Ferguson PJ, Khanna G. Primary multifocal osseous lymphoma in a child. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 1338-1341.
15. Khanna G., Sato T.S.P., Ferguson P., et al: Imaging of chronic recurrent multifocal osteomyelitis. *Radiographics* 2009; 29: 1159-1177.
16. Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases , Seventh Edition, Gerald L. Mandell, John E. Bennett, and Raphael Dolin, 103, 1457-1467, 2010.
17. Hopkinson N, Stevenson J, Benjamin S, et al: A case ascertainment study of septic discitis: Clinical, microbiological and radiological features. *QJM* 2001; 94: 465-470.
18. Диагностика и лечение посттравматического гнойного остеомиелита костного каркаса груди. К.м.н. Ш.Н. Даниелян, д.м.н., проф. М.М. Абакумов, д.м.н. Н.Е. Кудряшова, д.м.н. Ф.А. Шарифуллин, к.м.н. И.Е. Попова, к.м.н. О.В. Квардакова, к.м.н. Т.В. Чёренькая, Ю.Е. Сидорова. – *Хирургия*, 12, 2010. – с. 9-16.
19. Pitfalls in osteoarticular imaging: How to distinguish bone infection from tumour? T. Moser, M. Ehlinger, M. Chelli Bouaziz, M. Fethi Ladeb, J. Durckel, and J.-C. Dosch, *Diagnostic and Interventional Imaging*, 2012-05-01, Volume 93, Issue 5, Pages 351-359.
20. Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике травматического остеомиелита челюстно-лицевой области. Зорина Е.С., Егорова Е.А. – *Радиология-практика*, №4, 2011. – с. 76-77.
21. Fayad L.M., Carrino J.A., Fishman E.K., et al: Musculoskeletal infection: role of CT in the emergency department. *Radiographics* 2007; 27: 1723-1736.
22. Компьютерно-томографическая семиотика костной деструкции при хроническом остеомиелите, развившемся после гематогенного. Г.В. Дьячкова, Ю.Л. Митина. – *Медицинская визуализация*, №5, 2008. – с. 104-110.
23. Karchevsky M., Schweitzer M.E., Morrison W.B., et al: MRI findings of septic arthritis and associated osteomyelitis in adults. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182: 119-122.
24. Ahmadi M.E., Morrison W.B., Carrino J.A., et al: Neuropathic arthropathy of the foot with and without superimposed osteomyelitis: MR imaging characteristics. *Radiology* 2006; 238: 622-631.
25. Lee S.M., Lee S.H., Kang H.Y., et al: Assessment of musculoskeletal infection in rats to determine usefulness of SPIO-enhanced MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 189: 542-548.
26. Fukuda Y., Ando K., Ishikura R., et al: Superparamagnetic iron oxide (SPIO) MRI contrast agent for bone marrow imaging: differentiating bone metastasis and osteomyelitis. *Magn Reson Med Sci* 2006; 5: 191-196.
27. Campbell's Operative Orthopaedics, Twelfth Edition, S. Terry Canale, and James H. Beaty, Chapter 21, 725-747.e6, 2012.
28. Dinh M.T., Abad C.L., Safdar N., et al: Diagnostic accuracy of the physical examination and imaging tests for osteomyelitis underlying diabetic foot ulcers: meta-analysis. *Clin Infect Dis* 2008; 47: 519-527.
29. Averill L: Diagnosis of osteomyelitis in children: Utility of fat-suppressed contrast-enhanced MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 192: 1232-1238.
30. Hui C.L., Naidoo P.: Extramedullary fat fluid level on MRI as a specific sign for osteomyelitis. *Australas Radiol* 2003; 47: 443-446.
31. Davies A.M., Hughes D.E., Grimer R.J., et al: Intramedullary and extramedullary fat globules on magnetic resonance imaging as a diagnostic sign for osteomyelitis. *Eur Radiol* 2005; 15: 2194-2199.
32. Browne L.P., Mason E.O., Kaplan S.L., et al: Optimal imaging strategy for community-acquired Staphylococcus aureus musculoskeletal infections in children. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 841-847.
33. Recent lessons for the management of bone and joint infections. Sheldon L. Kaplan. *Journal of Infection*, 2014-01-01, Volume 68, Supplement 1, Pages S51-S56.
34. McGuinness B., Wilson N., Doyle A.J., et al: The "penumbra sign" on T1-weighted MRI for differentiating musculoskeletal infection from tumour. *Skeletal Radiol* 2007; 36: 417-421.
35. A.M. Davies, R. Grimer: The penumbra sign in subacute osteomyelitis. *Eur Radiol* 2005; 15: 1268-1270.
36. Lalam R, Cassar-Pullicino V, Tins B, et al: Magnetic resonance imaging of appendicular musculoskeletal infection. *Top Magn Reson Imaging* 2007; 18: 117-191.
37. Goldman's Cecil Medicine, Twenty-Fourth Edition, Lee Goldman, and Andrew I. Schafer, 280, 1731-1736, 2012.
38. Kapoor A, Page S, Lavalley M, Gale DR, Felson DT. Magnetic

resonance imaging for diagnosing foot osteomyelitis: a meta-analysis. *Arch Intern Med.* 2007;167:125-32.

**39.** Rosen's Emergency Medicine, Eighth Edition, John A. Marx, Robert S. Hockberger, and Ron M. Walls, Chapter 136, 1831-1850, e2, 2014.

**40.** Особенности течения, диагностики и лечения остеомиелита таза. Акад. РАМН В.К. Гостищев, д.м.н., проф. К.В. Липатов, к.м.н. А.П. Шалчкова, к.м.н. Е.А. Комарова. – Хирургия, 5, 2011. – с. 4-9.

**41.** Полковникова С.А. Ультразвуковая диагностика острого гематогенного остеомиелита у детей. Диссертация к.м.н., Томск, 2009.

**42.** Возможности ультразвукового исследования в диагностике острого гематогенного метаэпифизарного остеомиелита у детей. Завадовская В.Д., Полковникова С.А., Масликов В.М., Шалыгин В.А. - Медицинская визуализация, № 5, 2013. – с. 121-129.

**43.** Ferri's Clinical Advisor. Fred F. Ferri, 858-859.e1, 2014.

**44.** Sella E.J.: Current concepts review: diagnostic imaging of the diabetic foot. *Foot Ankle Int* 2009; 30: 568-576.

**45.** Malamitsi J, Giamarellou H, Kanellakopoulou K, et al. Infection: a 99mTc-ciprofloxacin radiopharmaceutical for the detection of bone infection. *Clin Microbiol Infect.* 2003;9:101-9.

**46.** Ertugrul M.B., Baktiroglu S., Salman S., et al: The diagnosis of osteomyelitis of the foot in diabetes: microbiological examination vs. magnetic resonance imaging and labelled leucocyte scanning. *Diabet Med* 2006; 23: 649-653.

**47.** Lazzeri E, Pauwels EK, Erba PA, et al. Clinical feasibility of two-step streptavidin/111In-biotin scintigraphy in patients with suspected vertebral osteomyelitis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2004;31:1505-11.

**48.** Palestro C.J., Caprioli R, Love C., et al: Rapid diagnosis of pedal osteomyelitis in diabetics with a technetium-99m-labeled monoclonal antigranulocyte antibody. *J Foot Ankle Surg* 2003; 42: 2-8.

**49.** Rubello D., Casara D., Maran A., et al: Role of anti-granulocyte Fab' fragment antibody scintigraphy (LeukoScan) in evaluating bone infection: acquisition protocol, interpretation criteria and clinical results. *Nucl Med Commun* 2004; 25: 39-47.

**50.** Pakos E.E., Koumoullis H.D., Fotopoulos A.D., Ioannidis J.P. Osteomyelitis: antigranulocyte scintigraphy with 99mTC radiolabeled monoclonal antibodies for diagnosis-- meta-analysis. *Radiology.* 2007 Dec;245(3):732-41.

**51.** Copley L: Pediatric musculoskeletal infection: Trends and antibiotic recommendations. *J Am Acad Orthop Surg* 2009; 17: 618-626.

**52.** Termaat MF, Raijmakers PG, Scholten HJ, Bakker FC, Patka P, Haarman HJ. The accuracy of diagnostic imaging for the assessment of chronic osteomyelitis: a systematic review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2464-71.

**53.** Hartmann A, Eid K, Dora C, Trentz O, von Schulthess GK, Stumpe KD. Diagnostic value of 18F-FDG PET/CT in trauma patients with suspected chronic osteomyelitis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2007;34:704-14.

**54.** Kagna O, Srour S, Melamed E, Militianu D, Keidar Z. FDG PET/CT imaging in the diagnosis of osteomyelitis in the diabetic foot. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012, Volume 39, Issue 10, pp 1545-1550.

**55.** Horger M, Eschmann SM, Pfannenbergs C, et al. Added value of SPECT/CT in patients suspected of having bone infection: preliminary results. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127:211-21.