
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

УДК 616.71: 616.72 – 002: 616.079.4

МАРИНА ВОЛОДИМИРІВНА САТИР

ДУ «Інститут серця МОЗ України», Київ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФІЧНИХ ТА ІНФЕКЦІЙНО-ЗАПАЛЬНИХ УРАЖЕННЯХ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Резюме. Огляд присвячений комплексній оцінці опорно-рухового апарату (ОРА) з точки зору метаболічних порушень у кістковій тканині (КТк) при найбільш поширених доброякісних станах — дегенеративно-дистрофічних (ДД) та інфекційно-запальних (ІЗ) процесах. Знання основних принципів і методів променевої діагностики необхідне для обґрунтованого їх застосування у відповідних клінічних ситуаціях.

Розглянуто процеси резорбції та відновлення КТк у нормі, при ДД та ІЗ процесах. Окреслено можливості та обґрунтовано застосування того чи іншого променевого методу дослідження з урахуванням патогенетичних змін у КТк при таких захворюваннях.

Проаналізовано дані літературних джерел щодо ефективності та сфери застосування кожного з променевих методів діагностики при доброякісних ураженнях ОРА.

Особливу увагу приділено діагностичним методам ядерної медицини: планарній остеосцинтиграфії (ОСГ), 3-фазовій ОСГ, ОСГ у режимі ОФЕКТ, поєднанню технологій (ОФЕКТ/КТ, ПЕТ/КТ).

Ключові слова: опорно-руховий апарат, дегенеративно-дистрофічні процеси, інфекційно-запальні процеси, променеві методи діагностики.

У світлі медичної реформи, що впроваджується в Україні, первинна діагностика захворювань, зокрема опорно-рухового апарату (ОРА), покладається на сімейного лікаря. Досить складно на основі об'єктивного огляду та результатів лабораторних аналізів визначити природу захворювання, тому розуміння основ фізіологічних процесів, що відбуваються в кістках скелета, суглобових структурах та елементах зв'язкового апарату в нормі і при патології допомагає у виборі методів променевої діагностики для уточнення діагнозу та вибору ефективного лікування.

Огляд присвячений комплексній оцінці ОРА з точки зору фізіологічних особливостей найбільш поширених доброякісних патологічних процесів, якими є дегенеративно-дистрофічні та інфекційно-запальні зміни. Знання основних принципів і методів променевої діагностики необхідне для обґрунтованого їх застосування у відповідних клінічних ситуаціях.

Для дослідження ОРА застосовують променеві методи обстеження, які дозволяють візуалізувати структурно-морфологічні та функціональні порушення. Основним завданням в отриманні зображень

кісткової тканини (КТк) залишається диференціальна діагностика змін злоякісної та доброякісної природи [11, 26]. Вибір оптимального методу дослідження з урахуванням його переваг та обмежень, а також правильна інтерпретація отриманих даних є «наріжним каменем» ефективної діагностики захворювань ОРА.

Зміни у структурах опорно-рухового апарату при дегенеративно-дистрофічних процесах. У випадках будь-яких патологічних процесів структури ОРА зазнають змін, відмінних від фізіологічної регенерації, потребують певного підходу до діагностики і відповідного лікування.

У нормальній КТк відбувається постійне поновлення складових речовин — ремоделювання, яке триває все життя людини. Процеси резорбції та відновлення КТк синхронні та послідовні, стабільність кісткової маси зберігається завдяки рівновазі швидкості резорбції та кісткового новоутворення [1, 3, 5], а регулюються такі процеси шляхом складних взаємодій гормонів щитоподібної та паращитоподібних залоз, кортикостероїдів, глюкокортикоїдів, цитокінів та інших біологічно активних речовин [2, 16, 18].

Дегенеративно-дистрофічні зміни ОРА виникають переважно у людей старшого віку, у котрих

відбувається зменшення мінеральної щільності кістки, дегідратація та дегенерація суглобової хрящової тканини (ХТк) [5, 22, 25, 38]. Наслідком таких процесів є анатомічні і біомеханічні порушення, які врешті-решт призводять до розвитку патологічних процесів із обмеженням рухів та больовим синдромом [27, 38].

Особливого значення набувають зміни у структурах хребта внаслідок їх невеликих розмірів та близького розташування функціональних одиниць. Дегенеративні зміни міжхребцевих дисків (МХД) та субхондральної КТк призводять до руйнування колагенових волокон, матричних глікопротеїнів із вивільненням протеолітичних ферментів, penetрацією нервовими та судинними компонентами ХТк, проникненням у неї цитокінів і протеаз, які стимулюють подальші дегенеративні та запальні зміни. Таким чином, формується «хибне коло», що поглиблює патологічний процес і призводить до стійкого больового синдрому [1, 3, 27].

Дегідратація МХД призводить до зменшення їх еластичності, зниження міжхребцевого простору та до зміни співвідношень в інших структурах хребта з порушенням їх біомеханічних та кінетичних взаємовідношень [25, 40]. Змінені МХД випинаються за межі хребтового стовпа з формуванням остеофітів, при цьому ушкоджуються хрящові відділи кінцевих пластинок прилеглих хребців, розвивається гіперемія та набряк субхондральної КТк, потоншення, руйнування і кальцифікація суглобового хряща з подальшим склерозуванням субхондральних відділів кісток [27, 37, 41].

Дуговідросткові суглоби (ДС), що розташовані на міжхребцевому рівні, відіграють ключову роль у розподілі механічного навантаження на хребет [22, 38]. У нормі до 25 % цього навантаження розподіляється через ДС, а при порушенні їх функціонування воно збільшується до 47 % . Дегенеративні зміни активують процес ремоделювання, який, з одного боку, стабілізує суглоби, з іншого — обмежує їх рухливість. Дестабілізація трисуглобового комплексу (міжхребцевий диск та 2 прилеглих ДС) призводить до дегенеративної нестабільності (спондилістез та сколіоз), яка супроводжується інтенсивним больовим синдромом [3, 25, 38, 41].

Дегенеративні зміни суглобів також впливають на стан інших компонентів ОРА: зменшується еластичність та щільність зв'язок, м'язів та сухожилків, порушується метаболічний стан їх складових елементів з подальшим розвитком жирової дистрофії та дегенерації [3, 5, 28].

Вищеописаний патофізіологічний процес має аналогічний перебіг не тільки в дрібних структурах хребта, а також в усіх суглобах людини, відрізняючись тільки за етіологічними чинниками та інтенсивністю метаболічних порушень.

Зміни у структурах опорно-рухового апарату при інфекційно-запальних процесах. Активні метаболічні процеси КТк інфекційно-запального характеру частіше виникають у молодому віці при наявності певних передумов (генетичні зміни, послаблення імунного статусу, потрапляння інфекційного агента).

Вони можуть бути самостійними захворюваннями та ускладнювати інші патологічні процеси. Результатом таких змін є руйнування елементів кісток та суглобів, порушення репаративно-регенеративних процесів після виникнення ушкодження, втрата функціональної здатності структур ОРА [1, 2, 5, 13, 18].

Поширеним інфекційно-запальним процесом, що уражає КТк, є остеомієліт (ОМ) — інфекційне ураження усіх елементів кістки та сусідніх тканин, що супроводжується остеолізом і остеонекрозом [9, 13, 18, 40, 51]. Захворювання виникає внаслідок ендогенного (гематогенного) або екзогенного (вторинного, або травматичного) потрапляння інфекційного агента в КТк із прилеглих м'яких тканин. Етіологічним фактором найчастіше виявляється стафілокок (96 % випадків), токсична дія якого полягає у блокуванні проліферації остеобластів, пригніченні мінералізації, зниженні кісткової щільності, послабленні кісткової формації [39, 40]. Клінічно ОМ може бути гострим, підгострим та хронічним. У дорослих пацієнтів частіше виникає хронічний ОМ, у більшості випадків він є наслідком інокуляції контагіозного інфекційного агента під час ушкодження з прилеглих м'яких тканин, ятрогенним шляхом або після інвазивних процедур [18, 40, 51].

У процесі захворювання кортикальна частина періосту некротизується та відокремлюється від оточуючої життєздатної КТк, утворюючи секвестр. Він є сприятливим середовищем для подальшої бактеріальної інвазії та прогресування процесу. Одночасно подразнення КТк розпочинається в інтактному періості, формуючи шар життєздатної тканини навкруги місця інфекції, — інволюкрум. Отже, патогенез ОМ складається з місцевої реакції та дії інфекційного агента. Незвичайне відмежування вогнищ ОМ є результатом високого рівня місцевої запальної реакції з мінімальними чітко обмеженими системними ефектами [9, 13, 18, 40].

Зважаючи на високу частоту протезування кульшових та колінних суглобів, а також застосування репозиційно-фіксуємих пристроїв при переломах, слід розглядати їх як джерело інфікування КТк. У вільному маловаскуляризованому парапротезному просторі утворюється фіброзна капсула, заповнена рідиною, що є середовищем для розмноження мікроорганізмів. Ця порожнина малодоступна для захисних місцевих механізмів. Здебільшого інфекційні агенти потрапляють у КТк у процесі оперативного втручання [13, 40, 52]. Патогенез імплант-асоційованої інфекції полягає у взаємодії матеріалів імпланту та місцевих гранулоцитів, за рахунок пошкодження місцевих антимікробних механізмів [39].

Можливості різних променевих методів діагностики при доброякісних процесах у структурах опорно-рухового апарату. При запальних та дегенеративних захворюваннях суглобів конвенційна рентгенографія є основним діагностичним обстеженням завдяки її широкій доступності, невисокій вартості, відтворюваності. Метод дає можливість виявити різноманітні характерні морфологічні зміни

(парасуглобова остеопенія, субхондральний склероз, звуження суглобової щілини та порушення співвідношень суглобових поверхонь, крайові кісткові дефекти, остеофіти та ін.) [7, 10, 32]. Однак при багатьох патологічних станах чутливість конвенційної рентгенографії досить низька; зокрема при остеоартритичних змінах дрібних суглобів хребта площинне зображення малоінформативне, оскільки ДС орієнтовані під різними кутами до джерела випромінювання та візуально накладаються одне на одне. На рентгенограмі також неможливо виявити ранні прояви синовіїту, ерозивні та деструктивні зміни суглобових хрящів [11].

Рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ) має більшу розрізнявальну здатність та дає можливість отримати об'ємне зображення досліджуваних кісткових структур, визначити їх межі на аксіальних зрізах, встановити рівень ушкодження, визначити наявність та причину стенозу хребтового каналу, чітко вирізнити КТк та оточуючі м'які тканини завдяки їх високій контрастності [10, 28, 32]. При КТ можливо детально та чітко візуалізувати остеофіти, гіпертрофічні зміни артикулярних відростків, розрідження та потоншення суглобових хрящів, синовіальні та субхондральні кісти, кальцифікації суглобової капсули. Слід зазначити, що ознаки гіпертрофії ДС на КТ не є точним підтвердженням остеоартритичного процесу. Однак, порівняно з магнітно-резонансною томографією (МРТ), більшість дослідників визнають переваги КТ при початкових проявах остеоартриту ДС [28, 42]. МРТ недостатньо візуалізує кісткові структури хребта, зокрема задні сегменти хребців, утім вона краще виявляє патологічні зміни у хрящових елементах та капсулі суглобів, МХД, зв'язках, м'язах, сухожилках та жировій тканині, а також зміни кісткового мозку [8, 11, 23]. Проте визначається аналогічна інформативність КТ та МРТ для оцінки дегенеративних змін ДС при виявлених явищах остеоартриту [42].

Останніми роками розвиток нових технологій МРТ дозволяє оцінити морфологічний стан суглобових хрящів, виявити звуження суглобового простору за рахунок чіткого диференціювання хрящової поверхні та суглобової рідини, кількісно оцінити стан хряща, наявність ерозій, а також визначити характер біохімічних процесів у ХТк, інтенсивність репаративних процесів у ній [10, 17, 34]. МРТ визнано золотим стандартом у клінічній практиці для візуалізації синовіїтів та теносиновіїтів у пацієнтів із запальними артритами. Існує кореляція між інтенсивністю запального процесу та васкуляризацією синовіальної оболонки, що підтверджено результатами біопсії, а також при динамічному МРТ-скануванні з контрастним підсиленням. Оцінка стану суглобового хряща базується на якісній оцінці його ущільнення при дослідженні з контрастними гадоліній-вмісними речовинами [23, 24].

Остеосцинтиграфія має нижчу роздільну здатність та специфічність при захворюваннях суглобів. Однак чутливість методу досить висока для виявлення метаболічних порушень, тому ОСГ усього тіла традиційно застосовується для визначення ступеня втягнення та кількості уражених суглобів, інтенсивності

запального процесу в них [11, 39, 43]. Застосування 3-ф ОСГ дозволяє відрізнити гострий артритичний процес від хронічного: підвищення кровотоку та тканинного кровонаповнення у I та II фази свідчить про високу метаболічну активність процесу [6, 7, 18, 53].

Застосування ОФЕКТ підвищує можливості діагностики артритичних процесів, дозволяє відрізнити хронічні дегенеративні зміни від активного запалення, а при зіставленні або суміщенні з КТ дає можливість точно визначити зони для прицільних ін'єкцій, задньої динамічної стабілізації хребців, прогнозувати ефективність певних методів лікування (зокрема, блокади) при артропатіях дуговідросткових суглобів [21, 49, 50]. Існують наукові праці, що засвідчують високу ефективність ОФЕКТ/КТ при травматичних ушкодженнях або хронічних травматизаціях кістково-суглобових структур, хронічному больовому синдромі поперекового відділу, причину яких важко встановити за допомогою лише анатомічних діагностичних методів [15, 21, 29, 35, 36, 47, 49]. Розуміння фізіологічних змін з чіткою анатомічною локалізацією у КТк або оточуючих м'якотканинних елементах особливо важливе для встановлення причини больового синдрому та для планування і моніторингу хірургічного лікування. Особливу увагу приділяють застосуванню ОФЕКТ/КТ при ушкодженнях гомілковостопних ділянок [29, 43, 45], адже вони складаються з дрібних структурних одиниць, що ускладнює диференціювання та виявлення порушень при конвенційній рентгенографії, КТ та МРТ.

На ОСГ дегенеративні захворювання хребта можуть проявлятися дифузно-нерівномірним накопиченням РФП без вогнищ інтенсивно підвищеної його фіксації, або невеликими ділянками переважно у проєкціях бокових та передніх відділів тіл хребців і МХД [11, 53]. Проте, інтенсивні дегенеративні зміни з утворенням «гарячих» остеофітів призводять до активної фіксації РФП, яка потребує диференціальної діагностики з іншими (в тому числі зложісними) патологічними процесами [33, 46].

Існують дослідження, які доводять високу ефективність ОСГ у комплексі з МРТ при диференціальній діагностиці запальних захворювань суглобів [17, 47]. Таким чином, МРТ та ОСГ доповнюють та підсилюють одна одну в діагностичному процесі, ефективність їх поєднаного застосування вища, аніж кожного методу окремо [24]. З огляду на це, багато уваги приділяється технологіям поєднання томографічних методів ядерної медицини з МРТ для діагностики і оцінки ефективності лікування, оскільки залучення в запальний процес м'яких тканин суглобів потребує детальнішої оцінки їх метаболічного стану [12, 19, 20, 31, 34].

Рентгенологічний метод відіграє суттєву роль у діагностиці, оцінці поширеності та стадії процесу при ОМ. Так, конвенційна рентгенографія є найпростішим та найдешевшим методом, що не потребує додаткових обстежень при позитивному результаті, а також дозволяє виявити супутні патологічні стани (перелом, артрити та ін.). Недоліками методу є низька чутливість (28–94 %, у середньому — 56 %)

та низька специфічність (3–92%, у середньому — 75%), що пов'язано з відставанням структурних змін у КТк на 2–4 тижні від початку інфекційного процесу [6, 8, 18]. У гострій стадії ОМ привертає увагу невідповідність між клінічними проявами та рентгенологічною картиною. Виражена клінічна симптоматика супроводжується мінімальними змінами у м'яких тканинах на рентгенограмі (набряк і деформація м'яких тканин, розміщених навколо кістки). У структурах хребта, при невеликому м'якотканинному масиві, зміни м'яких тканин поблизу кістки виявити клінічно надзвичайно складно. Першими прямими рентгеновськими ознаками ОМ є періостальні нашарування і остеопороз. Вони з'являються не раніше 10–14-ї доби після виникнення процесу, коли формуються остеопенічні або остеолітичні ділянки та зони періостальної реакції [6, 9, 18]. Початкові явища періостального кісткоутворення можуть виникнути наприкінці 1-го тижня у вигляді малокоонтрастних лінійних тяжів, прилеглих до кортикального шару метадіафізу, остеопорозу метадіафізу або всієї кістки. З часом кортикальний шар кістки втрачає свою компактність, розволокнюється з утворенням лінійних періостальних нашарувань. На 2–3-му тижні хвороби на фоні остеопорозу з'являються вогнища деструкції — повного руйнування кісткових балок.

Під час проведення КТ отримання тонких зрізів (0,3–0,5 мм) дозволяє детально візуалізувати кортикальний шар КТк, виявити зони деструкції, пухирці газу або чужорідні тіла, визначити формування секвестрів, інволюкрів та наявність фістул, абсцесів оточуючих м'яких тканин або заміни кісткового мозку гнійним вмістом. Недоліками методу є низька специфічність за рахунок хибно-позитивних результатів, зниження розрізняльної здатності (порівняно з конвенційною рентгенографією) та збільшення вірогідності артефактів унаслідок великої кількості зрізів [18]. Зазвичай КТ застосовують для прицільної біопсії або при діагностичних хірургічних утручаннях з метою мікробіологічної діагностики процесу [50, 52].

Магнітно-резонансна томографія є методом вибору для первинної діагностики ОМ [42, 48, 51]. Це зумовлено чітким контрастуванням м'яких тканин, виявленням їх набряку та гіперемії, визначенням вмісту рідини у кістковому мозку. Основними МРТ-ознаками ОМ є зниження інтенсивності сигналу на T1-зважених зображеннях з додатковим контрастним підсиленням, підвищення інтенсивності сигналу на T2-зважених зображеннях та підсилення сигналу від кісткового мозку при введенні контрастної речовини. Вторинними МРТ-ознаками ОМ є періостальна реакція, стягуючі шкірні виразки, синусові тракти, целюліти, абсцеси або чужорідні тіла. Перевагою МРТ є відсутність променевого навантаження на пацієнта, що важливо при повторних обстеженнях у неонкологічних хворих та дітей. Обмеженнями методу МРТ є неефективність

на ранніх стадіях інфекційного процесу при відсутності морфологічних змін, неможливість обстеження за наявності металевих пристроїв або імплантів [11, 18, 40].

Упровадження в клінічну практику позитронно-емісійної томографії (ПЕТ) з ^{18}F -FDG призвело до широкого її застосування як найбільш чутливого методу для діагностики процесів з високою метаболічною активністю, а поєднання з МРТ дозволяє підвищити ефективність топічної діагностики уражень [19, 20]. Утім, висока вартість і недостатня доступність ПЕТ значно звужують коло застосування методу для діагностики хронічних доброякісних захворювань.

Трифазова ОСГ з остеотропними фосфатними РФП — найбільш поширений метод, доступний для всіх відділень радіонуклідної діагностики. Вона може використовуватись разом із планарною ОСГ для виявлення інфекційного процесу у КТк, зокрема після оперативних утручань та при підозрі на інфікування суглобових протезів. Наприклад, при тотальному протезуванні кульшових суглобів чутливість та специфічність 3-ф ОСГ для виявлення інфекційного процесу становить 88–90% [4, 13, 14, 30, 31].

Перевагою ОСГ є також можливість отримати зображення всього тіла при підозрі на поширення інфекційного процесу на інші кістки скелета [4, 6, 9, 40]. Використання того чи іншого РФП залежить від активності процесу — при гострому запаленні інформативнішим є дослідження з міченими лейкоцитами, а у разі хронічного процесу — ^{67}Ga -цитратом. Сцинтиграфія кісткового мозку з колоїдними препаратами у комбінації з обстеженням з міченими лейкоцитами підвищує діагностичну точність виявлення осередків ОМ до 90–95% [9, 18, 40].

Виходячи з аналізу сучасних наукових джерел, інформативнішими для виявлення інфекційного осередку на сьогодні вважаються методи МРТ, ПЕТ та ПЕТ/КТ з ^{18}F -FDG. Проте висока їх вартість та низька доступність для багатьох медичних закладів сприяли вивченню та широкому використанню конвенційних радіонуклідних обстежень (планарна ОСГ, 3-ф ОСГ) та їх томографічних режимів (ОФЕКТ та ОФЕКТ/КТ), що дало можливість підвищити ефективність комплексного радіонуклідного методу [16, 21, 26, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 44, 50].

Таким чином, особливості змін у структурах опорно-рухового апарату, що виникають при різних патологічних процесах, обумовлюють різні структурні й функціональні порушення, при цьому клінічні прояви можуть бути аналогічними. Тому головне завдання лікаря полягає у диференційованому підході до призначення променевих методів дослідження, що дозволяють максимально точно і швидко визначити природу захворювання з обов'язковим урахуванням клінічної доцільності, економічної обґрунтованості обстеження та використовувати мінімально можливе променеве навантаження на пацієнта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бумейстер В. І. Сучасний погляд на репаративний остеогенез / В. І. Бумейстер, М. В. Погорелов // Світ медицини та біології. — 2008. — № 4. — С. 104–110.
2. Дедух Н. В. Структурно-метаболичні особливості кісткової тканини та репаративного остеогенезу в умовах експериментального глюкокортикоїд-індукованого остеопорозу (огляд літератури) / Н. В. Дедух, І. О. Батура // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2010. — № 3. — С. 133–138.
3. Зацепин С. Т. Костная патология взрослых : руководство для врачей. — М. : Медицина, 2001. — 640 с.
4. Килина О. Ю. Радионуклидная диагностика воспалительных заболеваний опорно-двигательного аппарата : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : спец. 14.00.19 / О. Ю. Килина. — Томск, 2009. — 35 с.
5. Лаврищева Г. И. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей / Г. И. Лаврищева, Г. А. Оноприенко. — М. : Медицина, 1996. — 208 с.
6. Национальное руководство по радионуклидной диагностике : в 2 т. / под ред. Ю. Б. Лишманова, В. И. Чернова. — Томск : СТТ, 2010. — Т. 2. — 409 с.
7. Променева диагностика: у 2 т. / Г. Ю. Коваль, Д. С. Мечев, Т. П. Сиваченко [та ін.]; за ред. Г. Ю. Коваль. — Київ : Медицина України, 2009. — Т. 1. — 682 с.
8. Променева диагностика: у 2 т. / Г. Ю. Коваль, Д. С. Мечев, Т. П. Сиваченко [та ін.]; за ред. Г. Ю. Коваль. — Київ : Медицина України, 2009. — Т. 2. — 832 с.
9. Радионуклидные методы исследования в диагностике хронического остеомиелита / В. Д. Завадовская, О. Ю. Килина, Г. Ц. Дамбаев [и др.] // Мед. радиол. и радиац. безопасность. — 2007. — Т. 52, № 3. — С. 54–60.
10. Advances in imaging of osteoarthritis and cartilage / F. W. Roemer, M. D. Crema, S. Tratting [et al.] // Radiology. — 2011. — Vol. 260, N 2. — P. 332–354.
11. Advantages and limitations of imaging the musculoskeletal system by conventional radiological, radionuclide, and hybrid modalities / S. Vijayanathan, S. Butt, G. Gnanasegaran, A. M. Groves // Semin. Nucl. Med. — 2009. — Vol. 39, N 6. — P. 357–36.
12. Automatic, three-segment, MR-based attenuation correction for whole-body PET/MR data / V. Schulz, I. Torres-Espallardo, S. Renisch [et al.] // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2011. — Vol. 38, N 1. — P. 138–152.
13. Baptista M. S. Osteomyelitis / M. S. Baptista, J. P. Tardivo. — InTech, 2012. — 1808 p.
14. Bone scan usefulness in patients with painful hip or knee prosthesis: 10 situations that can cause pain, other than loosening and infection / S. Vaz, T. C. Ferreira, L. Salgado, F. Paycha // Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol. — 2017. — Vol. 27, N 2. — P. 147–156.
15. Bone SPECT/CT in Postoperative Spine / G. Gnanasegaran, F. Paycha, K. Strobel [et al.] // Semin. Nucl. Med. — 2018. — Vol. 48, N 5. — P. 410–424.
16. Collier B. D. Skeletal nuclear medicine / B. D. Collier, I. Fogelman, L. Rosenthal. — St. Louis : Mosby-Year Book, Inc., 1996. — 491 p.
17. Duer A. Magnetic resonance imaging and bone scintigraphy in the differential diagnosis of unclassified arthritis / A. Duer, M. Østergaard, K. Hørslev-Petersen, J. Vallø // Ann. Rheum. Dis. — 2008. — Vol. 67, N 1. — P. 48–51.
18. Elgazzar A. H. The pathophysiologic basis of nuclear medicine / A. H. Elgazzar. — Springer International Publishing Switzerland, 2006. — 566 p.
19. High-resolution 18F-FDG PET with MRI for monitoring response to treatment in rheumatoid arthritis / A. J. Chaudhari, S. L. Bowen, G. W. Burkett [et al.] // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2010. — Vol. 37, N 5. — P. 1047.
20. Hybrid 18F-FDG PET-MRI of the hand in rheumatoid arthritis: initial results / F. Miese, A. Scherer, B. Ostendorf [et al.] // Clin. Rheumatol. — 2011. — Vol. 30, N 19. — P. 1247–1250.
21. Is hybrid imaging (SPECT/CT) a useful adjunct in the management of suspected facet joints arthropathy? / H. E. Matar, S. Navalkisoor, M. Berovic [et al.] // Int. Orthop. — 2013. — Vol. 37, N 5. — P. 865–870.
22. Jaumard N. V. Spinal facet joint biomechanics and mechanotransduction in normal, injury and degenerative conditions / N. V. Jaumard, W. C. Welch, B. A. Winkelstein // J. Biomech. Eng. — 2011. — Vol. 133, N 7. — P. 1–31.
23. Measurement and visualisation of focal cartilage thickness change by MRI in a study of knee osteoarthritis using a novel image analysis tool / T. G. Williams, A. P. Holmes, M. Bowes [et al.] // Br. J. Radiol. — 2010. — Vol. 83, N 995. — P. 940–948.
24. Meniscal pathologies on MRI correlate with increased bone tracer uptake in SPECT/CT / J. Rechsteiner, M. T. Hirschmann, M. Dordevic [et al.] // Eur. Radiol. — 2018. — Vol. 28, N 11. — P. 4696–4704.
25. Modic M. T. Lumbar degenerative disk disease / M. T. Modic, J. S. Ross // Radiology. — 2007. — Vol. 245, N 1. — P. 43–61.
26. Multislice SPECT/CT in benign and malignant bone disease: when the ordinary turns into the extraordinary / G. Gnanasegaran, T. Barwick, K. Adamson [et al.] // Semin. Nucl. Med. — 2009. — Vol. 39, N 6. — P. 431–442.
27. Pathophysiology and Biomechanics of the Aging Spine / M. Papadakis, G. Sapkas, E. C. Papadopoulos, P. Katonis // Open. Orthop. J. — 2011. — Vol. 5. — P. 335–342.
28. Periarticular bone structure in rheumatoid arthritis patients and healthy individuals assessed by high-resolution computed tomography / C. M. Stach, M. Bäuerle, M. Englbrecht [et al.] // Arthritis Rheum. — 2010. — Vol. 62, N 2. — P. 330–339.
29. Potential role of multislice SPECT/CT in impingement syndrome and soft-tissue pathology of the ankle and foot / S. Chicklore, G. Gnanasegaran, S. Vijayanathan [et al.] // Nucl. Med. Commun. — 2013. — Vol. 34, N 2. — P. 130–139.

30. *Radionuclide bone SPECT/CT in the evaluation of knee pain: comparing two-phase bone scintigraphy, SPECT and SPECT/CT* / S. J. Lu, F. Ul Hassan, S. Vijayanathan [et al.] // *Br. J. Radiol.* — 2018. — 1(1090):20180168.
31. *Rheumatoid arthritis: nuclear medicine state-of-the-art imaging* / P. H. Rosado-de-Castro, S. A. Lopes de Souza, D. Alexandre [et al.] // *World J. Orthop.* — 2014. — Vol. 5, N 3. — P. 312–318.
32. *Resnick D. L. Diagnosis of bone and joint disorders* / D. L. Resnick. — Philadelphia : WB Saunders Co, 2006.
33. *Role of ^{99m}Tc-Methylene Diphosphonate SPECT/CT in the Detection of Sacroiliitis in Patients with Spondyloarthropathy: Comparison with Clinical Markers and MRI* / R. V. Parghane, B. Singh, A. Sharma // *J. Nucl. Med. Technol.* — 2017. — Vol. 45, N. 4. — P. 280–284.
34. *Sewerin P. New imaging procedures in rheumatology: from bench to bedside* / P. Sewerin, B. Ostendorf // *Dtsch. Med. Wochenschr.* — 2014. — Vol. 139, N 37. — P. 1835–1841.
35. *Sharf S. C. Bone SPECT/CT in skeletal trauma* / S. C. Sharf // *Semin. Nucl. Med.* — 2015. — Vol. 45, N 1. — P. 47–57.
36. *Single photon emission computerized tomography (SPECT) scan-positive facet joints and other spinal structures in a hospital-wide population with spinal pain* / D. Makki, R. Khazim, A. A. Zaidan [et al.] // *Spine J.* — 2010. — Vol. 10, N 1. — P. 58–62.
37. *SPECT/CT in Postoperative Foot and Ankle Pain* / W. U. Kampen, F. Westphal, T. Van den Wyngaert [et al.] // *Semin. Nucl. Med.* — 2018. — Vol. 48, N 5. — P. 454–468.
38. *Spine biomechanics and age* / A. Agarwal, V. Kaul, A. K. Agarwal, V. K. Goel // *J. Spinal Research Foundation.* — 2012. — Vol. 7, N 2. — P. 36–46.
39. *Staphylococcus aureus protein A binding to osteoblast tumour necrosis factor receptor 1 results in activation of nuclear factor kappa B and release of interleukin-6 in bone infection* / T. Claro, A. Widaa, C. McDonnell [et al.] // *Microbiology.* — 2013. — Vol. 159, pt. 1. — P. 147–154.
40. *Stumpe K. D. Osteomyelitis and arthritis* / K. D. Stumpe, K. Strobel // *Semin. Nucl. Med.* — 2009. — Vol. 39, N 1. — P. 27–35.
41. *Subchondral bone scan uptake correlates with articular cartilage degeneration in osteoarthritic knees* / D. Y. Park DY, L. N. Jin, B. H. Min [et al.] // *Int. J. Rheum.* — 2017. — Vol. 20, N 10. — P. 1393–1402.
42. *Sugimoto H. Imaging of rheumatoid arthritis: role of MR imaging and CT* / H. Sugimoto // *Nihon. Rinsho.* — 2013. — Vol. 71, N 7. — P. 1193–1197.
43. *The diagnostic value of single photon-emission computed tomography bone scans combined with CT (SPECT-CT) in diseases of the foot and ankle* / V. K. Singh, S. Javed, A. Parthipun [et al.] // *Foot Ankle Surg.* — 2013. — Vol. 19, N 2. — P. 80–83.
44. *The role of bone scintigraphy in the diagnosis of rheumatoid arthritis according to the 2010 ACR/EULAR classification criteria* / J. Y. Kim, S. K. Cho, M. Han [et al.] // *J. Korean. Med. Sci.* — 2014. — Vol. 29, N 2. — P. 204–209.
45. *The role of ^{99m}Tc-diphosphonate bone SPECT/CT in the ankle and foot* / M. Nathan, H. Mohan, S. Vijayanathan [et al.] // *Nucl. Med. Commun.* — 2012. — Vol. 33, N 8. — P. 799–807.
46. *The Use of Magnetic Resonance Imaging in Axial Spondyloarthritis: Time to Bridge the Gap Between Radiologists and Rheumatologists* / A. N. Bennett, H. Marzo-Ortega, D. Kaur-Papadakis [et al.] // *J. Rheumatol.* — 2017. — Vol. 44, N 6. — P. 780–785.
47. *The Value of SPECT/CT in localizing pain site and prediction of treatment response in patients with chronic low back pain* / I. Lee, H. Budiawan, J. Y. Moon [et al.] // *J. Korean Med. Sci.* — 2014. — Vol. 29, N 12. — P. 1711–1716.
48. *Utility of combined high-resolution bone SPECT and MRI for the identification of rheumatoid arthritis patients with high-risk for erosive progression* / C. Buchbender, P. Sewerin, K. Mattes-György [et al.] // *Eur. J. Radiol.* — 2013. — Vol. 82, N 2. — P. 374–379.
49. *Utility of single photon emission computed tomography /computed tomography imaging in evaluation of chronic low back pain* / C. N. Harisankar, B. R. Mittal, A. Bhattacharya [et al.] // *Indian J. Nucl. Med.* — 2012. — Vol. 27, N 3. — P. 156–163.
50. *Value of bone scintigraphy and single photon emission computed tomography (SPECT) in lumbar facet disease and prediction of short-term outcome of ultrasound guided medial branch block with bone SPECT* / W. U. Koh, S. H. Kim, B. Y. Hwang [et al.] // *Korean J. Pain.* — 2011. — Vol. 24, N 2. — P. 81–86.
51. *Vertebral osteomyelitis* / N. Jung, H. Seifert, J. Siewe, G. Fätkenheuer // *Internist (Berl.).* — 2013. — Vol. 54, N 8. — P. 945–953.
52. *Vilchez F. Efficacy of debridement in hematogenous and early post-surgical prosthetic joint infections* / F. Vilchez, J. C. Martínez-Pastor, S. García-Ramiro [et al.] // *Int. J. Artif. Organs.* — 2011. — Vol. 34, N 9. — P. 863–869.
53. *Ziessmann H. A. Nuclear medicine: the requisites in radiology* / H. A. Ziessmann, J. P. O'Malley, J. H. Thrall. — Philadelphia : Elsevier Mosby, 2006. — 580 p.

Стаття надійшла до редакції 11.06.2019.

М. В. САТЫР

ГУ «Інститут серця МЗ України», Київ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИХ И ИНФЕКЦИОННО-ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЯХ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Обзор посвящен комплексной оценке опорно-двигательного аппарата (ОДА) с точки зрения метаболических нарушений в костной ткани (КТк) при наиболее распространенных доброкачественных состояниях —

дегенеративно-дистрофических (ДД) и инфекционно-воспалительных (ИВ) процессах. Знание основных принципов и методов лучевой диагностики необходимо для обоснованного их применения в соответствующих клинических ситуациях.

Рассмотрены процессы резорбции и восстановления КТк в норме, при ДД и ИВ процессах. Очерчены возможности и обосновано применение того или иного лучевого метода исследования с учетом патогенетических изменений в КТк при этих заболеваниях.

Проанализированы данные источников литературы относительно эффективности и сферы применения каждого из лучевых методов диагностики при доброкачественных поражениях ОДА.

Особое внимание уделено диагностическим методам ядерной медицины: планарной остеосцинтиграфии (ОСГ), 3-фазовой ОСГ, ОСГ в режиме ОФЭКТ, совмещенным технологиям (ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ).

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, дегенеративно-дистрофические процессы, инфекционно-воспалительные процессы, лучевые методы диагностики.

M. SATYR

SI «Institute Heart Ministry of Health of Ukraine», Kyiv

THE APPLICATION OF RADIATION DIAGNOSTIC METHODS FOR THE DETECTION OF DEGENERATIVE-DYSTROPHIC AND INFECTION / INFLAMMATION PROCESSES OF THE LOCOMOTOR APPARATUS (A LITERATURE REVIEW)

This article is dedicated to the complex evaluation of the locomotor apparatus (LA) from the side of metabolic disorders in bone tissues (BT) on the most common benign bone conditions- degenerative-dystrophic (DD) and infection / inflammation (II) processes. The knowledge about the main principles and methods of the radiation diagnostics is necessary for their well-grounded application in corresponding clinical situations.

The processes of the bone turnover in normal BT, in DD and in II processes were considered. There were outlined opportunities and discovered application of the different radiation diagnostics methods considering pathogenetic changes BT in these processes.

We have analyzed current literature about efficiency and field of application of those methods in benign lesions of the LA.

Special attention is devoted to the nuclear medicine diagnostic methods — planar bone scan, 3-phase bone scan, SPECT, combined technologies (SPECT/CT, PET/CT).

Keywords: locomotor apparatus, degenerative-dystrophic processes, infection / inflammation processes, radiation diagnostics methods.

Контактна інформація:

Сатир Марина Володимирівна

канд. мед. наук, провідний науковий співробітник відділу кардіорадіології ДУ «Інститут серця МОЗ України»

вул. Братиславська, 5а, м. Київ, 02660, Україна

тел.: +38 (066) 296-14-68

E-mail: marina-nmhc@ukr.net