

**РОЛЬ ПОЗИТРОННО-ЕМІСІЙНОЇ ТОМОГРАФІЇ
ПРИ ІНФЕКЦІЙНИХ ТА ЗАПАЛЬНИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ**
(огляд літератури)

П.О. Король, М.С. Лукашенко, О.В. Щербіна, В.О. Мурашко, В.П. Івчук

Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

Мета. Дослідити клінічну роль методів гібридної променевої візуалізації, зокрема позитронно-емісійної томографії (ПЕТ) у діагностиці та лікуванні пацієнтів із запальними та інфекційними захворюваннями.

Матеріали та методи. Матеріалом для дослідження були наукові результати публікацій фахових наукових видань провідних країн світу наукової та клінічної діяльності за останні 10 років щодо клінічного значення методів гібридної променевої візуалізації у діагностиці та лікуванні пацієнтів із запальними та інфекційними захворюваннями. Методи дослідження передбачали застосування методів променевої візуалізації ПЕТ при інфекційних та запальних захворюваннях.

Результати. Показана ефективність ПЕТ у випадках, коли інші звичайні дослідження є неможливими через високий ризик ускладнень. В роботі розглянуто корисність методу при діагностиці станів, які виникають як ускладнення після протезування: при ендокардитах протезованого клапану; інфекції імплантованих електронних пристроїв; протезованих суглобів та імплантантів для фіксації переломів. ПЕТ в таких випадках дозволяє провести диференційну діагностику між асептичним та інфекційним запаленням, особливо за наявності спричинених металевими елементами артефактів, які можуть обмежувать дослідження за допомогою комп'ютерної томографії або магнітно-резонансної томографії.

Висновки. Позитронно-емісійна томографія у пацієнтів із запальними або інфекційними захворюваннями є ефективним допоміжним додатковим методом променевої візуалізації. ПЕТ знаходить своє ефективне застосування на різних етапах лікування, а також є корисним методом променевої візуалізації для моніторингу терапевтичної відповіді на лікування.

Ключові слова: позитронно-емісійна томографія, інфекційні та запальні захворювання, комп'ютерна томографія, радіофармпрепарат.

Вступ. Методи ядерної медицини – це неінвазивні інструменти, які дозволяють на ранній стадії виявити патофізіологічні зміни в уражених тканинах у пацієнтів із запальними або інфекційними захворюваннями. Ці зміни зазвичай виникають до появи клінічних симптомів і до розвитку анатомічних змін, виявлених радіологічними методами. В даний час такі гібридні методи візуалізації, як позитронно-емісійна томографія / комп'ютерна томографія (ПЕТ/КТ), можуть надати функціональну та морфологічну інформацію для ранньої діагностики інфекційних та запальних захворювань [1, 2].

Мета роботи. Дослідити клінічну роль методів гібридної променевої візуалізації, зокрема позитронно-емісійної томографії (ПЕТ) у діагностиці та лікуванні пацієнтів із запальними та інфекційними захворюваннями шляхом огляду та аналізу фахових наукових видань провідних країн світу.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалом для дослідження були наукові результати публікацій фахових наукових видань провідних країн світу наукової та

клінічної діяльності за останні 10 років щодо клінічного значення методів гібридної променевої візуалізації у діагностиці та лікуванні пацієнтів із запальними та інфекційними захворюваннями. Методи дослідження передбачали застосування методів променевої візуалізації ПЕТ та ПЕТ/КТ при інфекційних та запальних захворюваннях, зокрема при ендокардитах протезованого клапану; інфекції імплантованих електронних пристроїв; протезованих суглобів та імплантантів для фіксації переломів, остеомієліті, спондилодисциті, запальних захворюваннях кишечника, заочеревенному фіброзі тощо.

Результати досліджень та їх обговорення. Фтор-18 фтордезоксиглюкоза (18F-ФДГ) є аналогом глюкози, який поглинається живими клітинами через глюкозу клітинної мембрани транспортерами і згодом фосфорилується гексокіназою всередині більшості клітин. 18F-ФДГ був запропонований для візуалізації інфекції (запалення), оскільки його спостерігали в місцях інфекції (запалення) під час звичайної візуалізації 18F-ФДГ онкологічних пацієнтів.

Подальші дослідження показали, що клітини, які беруть участь в інфекції та запаленні, особливо нейтрофіли та інші родини моноцитів/макрофагів, здатні експресувати високі рівні транспортерів глюкози (ГЛЮТ), особливо ГЛЮТ-1 і ГЛЮТ-3, та підвищувати активність гексокінази. Використання візуалізації 18F-ФДГ при запаленні та інфекції швидко розвивається. Тому в огляді пропонується розглянути можливі варіанти застосування 18F-ФДГ ПЕТ/КТ при інфекційних та запальних захворюваннях та ознайомитись із зображеннями отриманими при їх дослідженні.

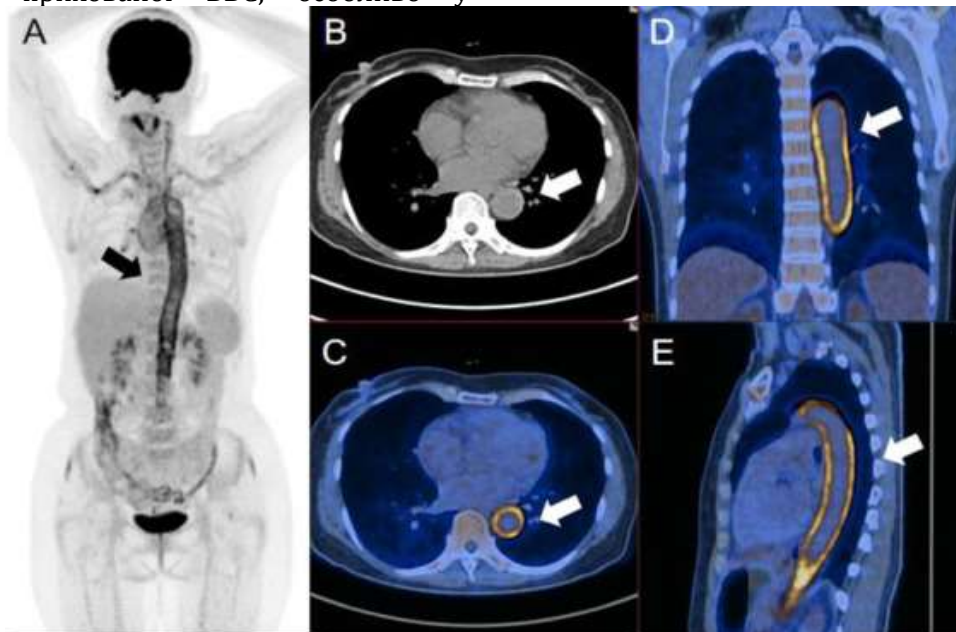
Васкуліти великих судин

Гігантоклітинний артеріїт (ГГА) та артеріїт Такаюсу (ТАК) є двома основними формами ВВС, які мають багато спільних клінічних, патологічних та рентгенологічних ознак [3, 4]. ГГА часто співіснує з ревматичною поліміалгією (ПМР) в одного пацієнта, оскільки обидва належать до одного спектру захворювань [5]. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ може продемонструвати підвищене поглинання радіофармацевтичних препаратів (РФП) судинною стінкою великих судин у пацієнтів з васкулітами великих судин (ВВС); отже, цей метод можна використовувати для діагностики, моніторингу активності захворювання та оцінки прогресування захворювання при ВВС [5, 6, 7, 8, 9] (рис.1).

ПЕТ/КТ також є корисним для виявлення прихованої ВВС, особливо у

пацієнтів із ПМР, які мають стійкість симптомів, незважаючи на лікування глюкокортикоїдами, або у пацієнтів з атипичною ПМР [10, 11]. Корисність ПЕТ/КТ у діагностиці ВВС була підтверджена декількома дослідженнями, однак його корисність для моніторингу активності захворювання або прогнозування рецидиву залишається незрозумілою [5, 12, 13, 14, 15].

У ВВС запропоновано багато якісних і напівкількісних критеріїв інтерпретації ПЕТ [5]. Візуальна шкала класифікації (поглинання судин печінкою) є відтворюваною та легкою для використання в клінічній практиці, однак інформація про регіональне поглинання з конкретних одиничних уражень, надана за цими критеріями, може бути недостатньою для визначення навантаження запалення на все тіло та для оцінки активності захворювання або відповіді на лікування [16]. Оцінка судинної активності ПЕТ (ПЕТОСА) є нещодавно розробленим параметром на основі ПЕТ, створеним шляхом інтеграції візуальних оцінок 0-3 дев'яти основних сприйнятливих артерій, які можуть кількісно краще відображати глобальне запальне навантаження [17]. Доведено, що ПЕТОСА є корисним для диференціації клінічно активного та неактивного захворювання, прогнозування рецидивів захворювання та моніторингу відповіді на лікування у пацієнтів з ВВС [16, 17, 18, 19].



(A) ПЕТ-карта проєкції максимальної щільності, яка показує продовження ураження від кореня аорти до рівня біфуркації черевної артерії. (B) На КТ показано потовщення стінки аорти. (C - E) Поперечні, корональні та сагітальні композитні ПЕТ/КТ зображення показують дифузне посилення метаболізму в ураженій судинній стінці [9].

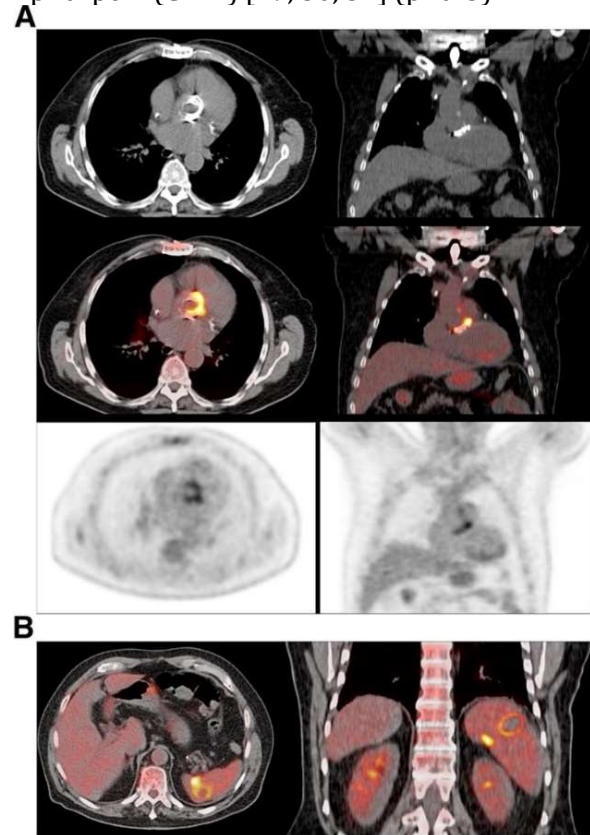
Рисунок 1. Пацієнтка Л., 58 р. з артеріїтом Такаюсу (стрілками вказано місце ураження)

Інфекційний ендокардит. Інфекційний ендокардит (ІЕ) є серйозним і потенційно небезпечним для життя станом. Поточна діагностика ІЕ базується на модифікованих критеріях Дюка, які мають приблизно 80% чутливості для діагностики нативного ендокардиту клапана (НЕК), з меншою чутливістю для діагностики ендокардиту протезного клапана (ЕПК) та ендокардиту з негативним результатом культурального дослідження [20, 21].

Європейське товариство кардіологів (ЄТК) рекомендувало використання 18F-ФДГ ПЕТ/КТ і однофотонної емісійної комп'ютерної томографії/КТ (ОФЕКТ/КТ) для мічених лейкоцитів (WBC) пацієнтам із підозрою на ЕПК для клапанів, імплантованих більше ніж на 3 місяці [22], причому позитивний результат є основним критерієм для діагностики ЕПК. Проспективні дослідження пацієнтів із підозрою на ЕПК показали надзвичайну ефективність 18F-ФДГ ПЕТ/КТ і WBC-ОФЕКТ/КТ у діагностиці ЕПК [23, 24]. Вони припускають, що ці два методи візуалізації можна використовувати поетапно при оцінці наявності ендокардиту. Спочатку слід використовувати 18F-ФДГ ПЕТ/КТ, оскільки він має вищу чутливість, а якщо результати непереконливі, можна виконати WBC-ОФЕКТ/КТ. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ дуже добре працює в діагностиці ЕПК з поправкою на такі фактори, як низька запальна активність, спричинена початком лікування антибіотиками [24, 25, 26], що свідчить про те, що 18F-ФДГ ПЕТ/КТ слід виконувати якнайшвидше при підозрі на інфекційний ендокардит [27] (рис. 2). Крім того, 18F-ФДГ ПЕТ/КТ має доведену прогностичну цінність у ЕПК завдяки кореляції з основними серцевими подіями [28].

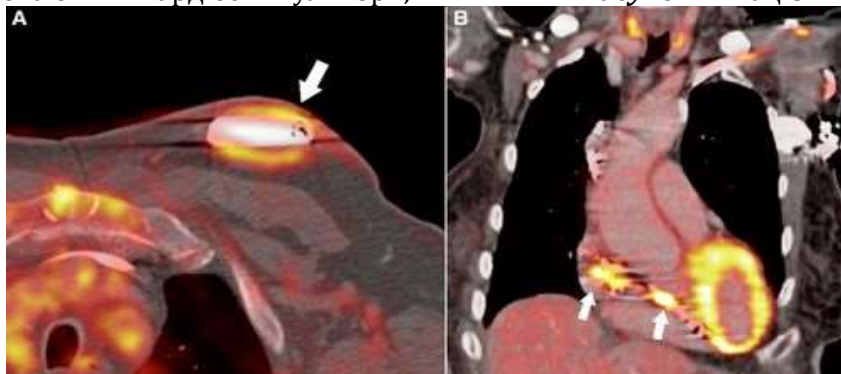
Інфекції серцево-судинних імплантованих електронних пристроїв. Пристрої включаючи кардіостимулятори,

імплантовані кардіовертери-дефібрилятори та пристрої серцевої ресинхронізаційної терапії (з або без можливості дефібриляції), складаються з генераторів імпульсів для забезпечення електричного стимулу та трансвенозних або епікардіальних провідників для доставки стимулу до серця. Щорічно у всьому світі імплантується приблизно від 1,2 до 1,4 мільйона серцево-судинних імплантованих електронних пристроїв (СІЕП) [29, 30, 31] (рис. 3).



(А) Поперечні та корональні 18F-ФДГ ПЕТ/КТ зображення показують інфікований протез аортального клапана. Культура після видалення клапана була позитивною на *Propionibacterium asnes*. (В) Композитні ПЕТ/КТ зображення також демонструють септичну емболію селезінки [27].

Рисунок 2. Пацієнт С., 62 р.



(А) ПЕТ/КТ при інфекційному ендокардиті. Імплантований кардіовертер-дефібрилятор, встановлений 4 роки тому, з позитивним посівом крові на коагулазонегативний стафілокок (стрілка; СВН_{макс} = 6,73). Культура пристрою після видалення була позитивною. (В) Інфекційний ендокардит кардіостимулятора, імплантованого 20 років тому (стрілки; СВН_{макс} = 9) [31]

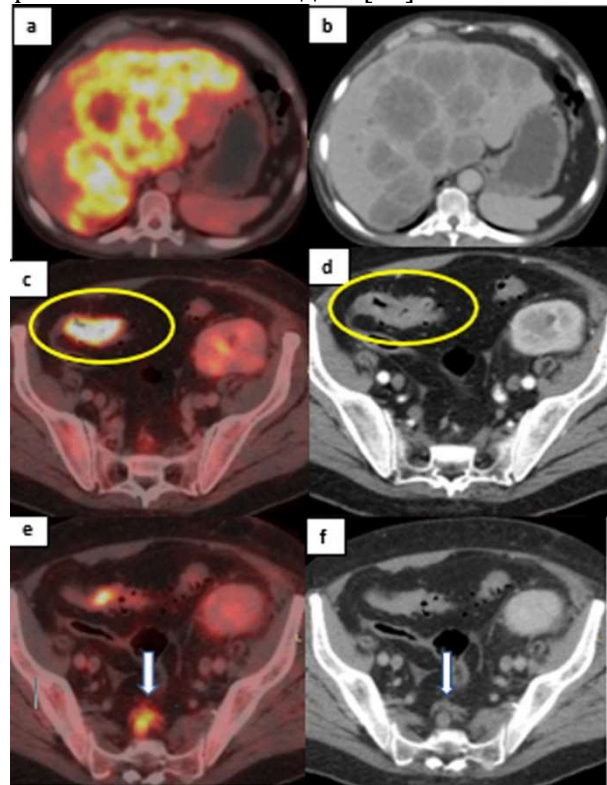
Рисунок 3. Пацієнт Р., 59 р. Інфекційний ендокардит

Антибіотики можуть бути корисними для лікування поверхневих інфекцій м'яких тканин. Швидка та точна діагностика та лікування є надзвичайно важливими, особливо якщо симптоми сповільнені та слабкі [29].

18F-ФДГ ПЕТ/КТ може бути корисним у діагностиці інфекцій СІЕП, особливо у пацієнтів з відсутністю ознак локалізації або остаточних результатів ехокардіографії. У недавньому мета-аналізі повідомили про сукупну чутливість і специфічність 18F-ФДГ ПЕТ/КТ у діагностиці інфекцій СІЕП 85% (95% ДІ (довірчий інтервал): 80-89) і 90% (95% ДІ: 84-94), відповідно [32]. У рекомендаціях ЄТК і критеріях відповідного використання йдеться про те, що корисність ПЕТ/КТ ФДГ при інфекції СІЕП «можна розглядати» [33].

Лихоманка невідомого походження. Лихоманка невідомого походження (ЛНП) є дуже точною формою, як описано в літературі. ЛНП зазвичай визначається як температура $\geq 38,3^{\circ}\text{C}$ щонайменше у двох випадках, тривалість хвороби ≥ 3 тижнів або численні епізоди лихоманки протягом ≥ 3 тижнів, відсутність імунодефіциту пацієнта та невизначений діагноз, незважаючи на ретельний збір анамнезу, фізикальне обстеження та обов'язкові дослідження [34]. Діагноз у пацієнтів з ЛНП є складною медичною проблемою; причинами ЛНП можуть бути інфекційні захворювання, неінфекційні запальні захворювання або пухлини, а для виявлення джерела лихоманки може використовуватися 18F-ФДГ ПЕТ/КТ, що визначає вогнища підвищеного метаболізму глюкози [34]. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ відіграє важливу роль у діагностиці пацієнтів із ЛНП, оскільки 18F-ФДГ накопичується як у клітинах запалення (гранулоцити, лімфоцити, моноцити/макрофаги), так і в неопластичних клітинах із підвищеною швидкістю гліколізу [35] (рис. 4). Діагностика пацієнтів із ЛНП є складною медичною проблемою. Своєчасне виявлення та точна локалізація причин ЛНП має вирішальне значення для прийняття рішення щодо подальших діагностичних процедур та початку відповідного лікування [36]. У попередні роки, до того, як ПЕТ-візуалізація розширилася, інші радіофармацевтичні препарати регулярно використовувалися в ЛНП, такі як: 67 Ga-цитрат, мічені радіоактивним ізотопом лейкоцити (з ^{111}In -Oxine або $^{99\text{mTc}}$ -HMPAO), антитіла проти гранулоцитів, кожне зі своїми перевагами та недоліками. З них скінтиграфія

$^{99\text{mTc}}$ -HMPAO-WBC залишається дійсною альтернативою 18F-ФДГ, і, як було запропоновано, зокрема, у пацієнтів з високою дотестовою ймовірністю інфекції (оцінено клінічно та лабораторно) [37]. Навпаки, 18F-ФДГ, безумовно, більш показаний у всіх випадках з низькою дотестовою ймовірністю інфекції [37]. Дослідники нещодавно оцінили діагностичну корисність 18F-ФДГ ПЕТ/КТ у пацієнтів інтенсивної терапії з інфекцією кровотоку. У цьому випадку 18F-ФДГ ПЕТ/КТ є дуже важливим, оскільки пацієнти перебувають у критичних клінічних станах, погано співпрацюють і не можуть дочекатися сканування лейкоцитів. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ дозволив визначити вогнище інфекції з чутливістю 90,9% і специфічністю 87,5%, що призвело до зміни клінічного лікування приблизно в 47% випадків [38].



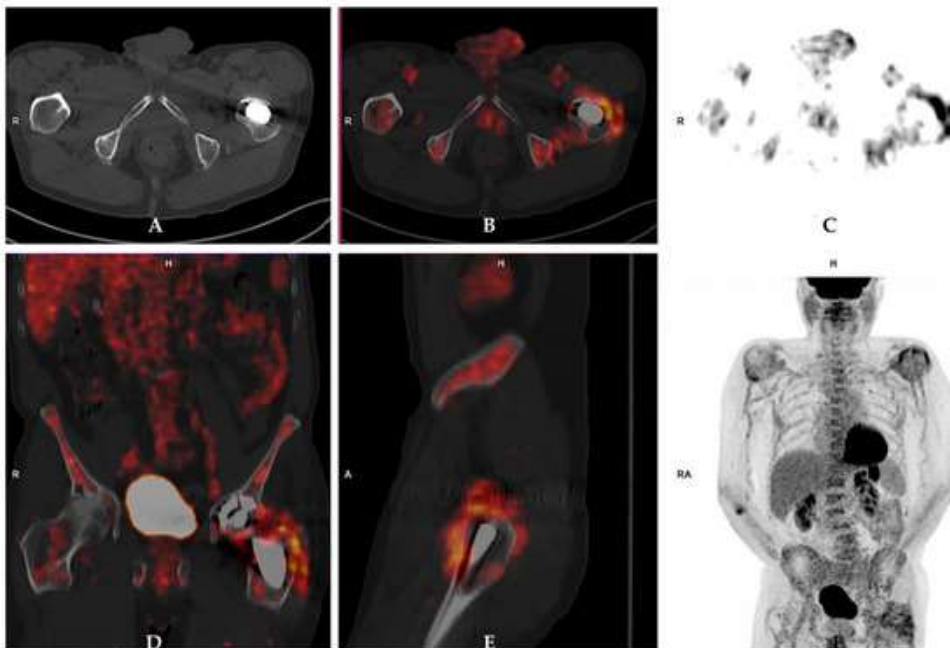
(A, B) ПЕТ/КТ черевної порожнини та аксіальна КТ черевної порожнини - метаболічно активні вогнищеві ураження печінки з центральним некрозом. (C, D) ПЕТ/КТ та аксіальне КТ нижньої частини живота - ФДГ авідний невеликий сегмент сигмовидної кишки, що потовщує стінку (жовті кола) та демонструє постійну підвищену активність у відстроеному зображенні (тут не показано). (E, F) ПЕТ/КТ та КТ верхньої частини тазу - метаболічно активні пресакаральні лімфатичні вузли (білі стрілки) [35].

Рисунок 4. Пацієнт К., 62 р. з лихоманкою невідомого походження, в анамнезі – трансплантація нирки

Остеомієліт, інфекції протезованого суглобу

Остеомієліт (ОМ) – це запальний процес кістки, спричинений інфікуючим мікроорганізмом із супутнім руйнуванням кістки. Гематогенний ОМ в основному спостерігається у дітей до статевого дозрівання та у пацієнтів похилого віку, і це пов'язано з посівом кісток бактеріями, присутніми у кровотоці, які часто походять з інших місць прихованих інфекцій (ротоглоткових, шлунково-кишкових, сечових шляхів тощо). Вторинний ОМ є більш поширеним і часто виникає після оголених переломів кісток і після заміни суглоба. За оцінками фахівців до 2030 року в Сполучених Штатах щорічно буде виконуватись до 2 млн тотальних ендопротезувань кульшового та колінного суглобів. Інфекційні ураження протезованого суглобу (ІПС) зустрічається в 1–2 % первинних і до 4 % ревізійних ендопротезів. Диференційна діагностика між

асептичним запаленням та інфекційним за допомогою ядерно-медичного обстеження є важливою, особливо за наявності металевих виробів або глибоких ділянок, які обмежують дослідження за допомогою радіологічних методів [39, 40]. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ використовується для діагностики ІПС, особливо при ендопротезуванні кульшового суглоба [41] (рис. 5). 18F-ФДГ ПЕТ/КТ має високу чутливість, але низьку специфічність порівняно зі WBC-ОФЕКТ/КТ і в основному призначається при хронічних інфекціях, що характеризуються переважанням популяції макрофагів і моноцитів, тоді як компонент нейтрофільних гранулоцитів мінімальний. Тому найбільш частими клінічними показаннями до 18F-ФДГ ПЕТ/КТ є діагностичний моніторинг терапії хронічного ОМ малого тазу, хронічного ОМ довгих трубчастих кісток, хронічного деструктивного септичного артриту, інфікованих переломів тощо.



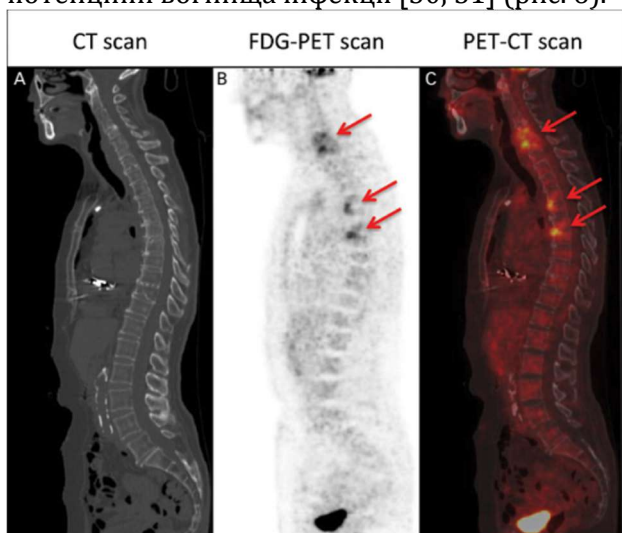
18F- ФДГ ПЕТ/КТ зображення (А: аксіальний вид КТ; В: аксіальні композитні зображення; С: аксіальні ПЕТ зображення; D: корональний 18F- ФДГ ПЕТ/КТ вид; Е: сагітальний 18F- ФДГ ПЕТ/КТ; F: проекція максимальної інтенсивності 18F- ФДГ ПЕТ-зображення) – гіперфіксація РФП у навколопротезній ділянці на рівні стегнового компонента ендопротеза [41].

Рисунок 5. Пацієнт Н., 72р. з парапротезним ускладненням після ендопротезування лівого кульшового суглобу

Спондилодисцит. Спондилодисцит (СД) – це інфекційний процес, що охоплює міжхребцеві диски і прилеглі до них хребці. У дорослих частіше спостерігається первинне ураження хребця з наступною вторинною інфекцією диска. Інфекція може поширюватися на епідуральний або паравертебральний простір. Найбільш

поширене ураження хребців у поперековому відділі, у грудному та шийному відділах, рідко – у крижовій ділянці [42]. Діагноз вимагає ретельного вивчення історії хвороби, клінічної оцінки, спостереження за індексом запалення (СРБ, ШОЕ, фібриноген) та діагностики за допомогою зображень, включаючи магнітно-резонансну томографію (МРТ),

рентгенографію, КТ та методи гібридної візуалізації [43]. МРТ є більш чутливим і специфічним для діагностики СД, в даних випадках є методом вибору. Однак деякі дослідження показують подібну діагностичну точність МРТ і 18F-ФДГ ПЕТ/КТ при первинному СД, підкреслюючи важливість комплементарності обох діагностичних процедур [44, 45]. МРТ можна замінити на 18F-ФДГ ПЕТ/КТ у пацієнтів з протипоказаннями до МРТ та у разі непереконаливого звіту МРТ [46, 47]. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ слід виконувати пацієнтам із підозрою на вторинний СД, оскільки наявність післяопераційної реактивної тканини не впливає на результат діагностичної процедури. Нарешті, 18F-ФДГ ПЕТ/КТ слід здійснювати для моніторингу терапевтичної відповіді [46, 47, 48, 49]. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ дозволяє досліджувати, в цілому, весь організм пацієнта, ідентифікуючи інші потенційні вогнища інфекції [50, 51] (рис. 6).



Сагітальна КТ (А), 18F- ФДГ ПЕТ (В), та композитна 18F- ФДГ ПЕТ/КТ - підвищене поглинання ФДГ вздовж хребта: С5/С6/С7, Т4/Т5 та Т6/Т7 (стрілки у В та С) [51].

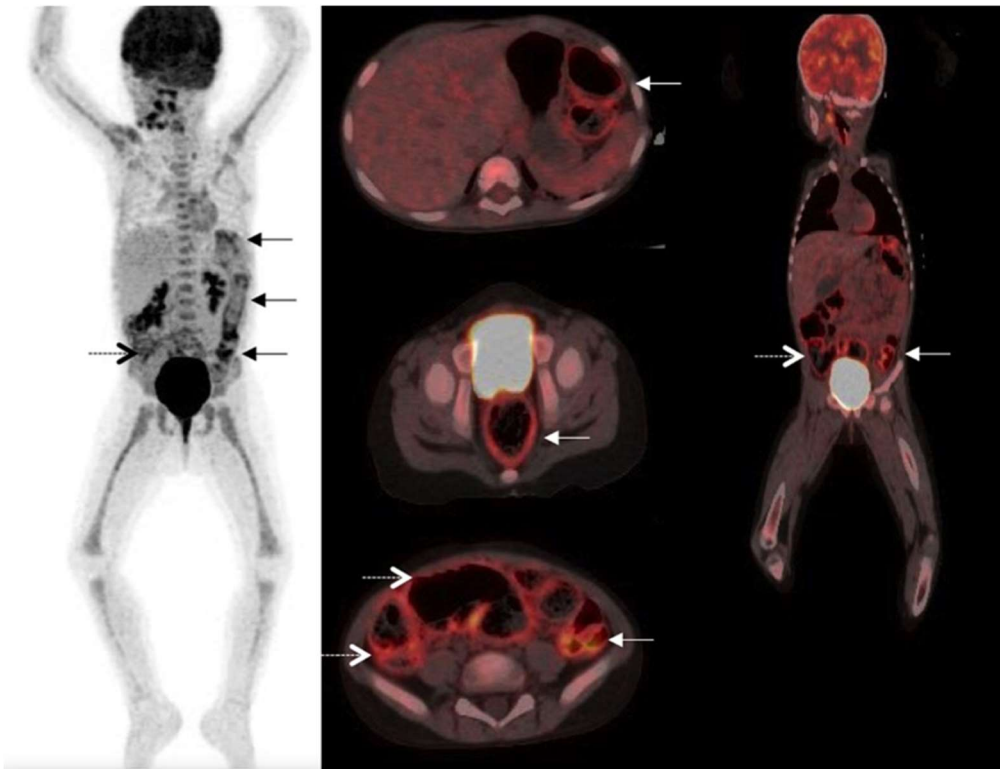
Рисунок 6. Пацієнт В., 48 р. з діагнозом дифузний спондилодисцит

Запальне захворювання кишечника. Запальне захворювання кишечника (ЗЗК) – це хвороба, яка зазвичай включає хворобу Крона (ХК) і виразковий коліт (ВК). ХК та ВК є станами як з гострим, так і з хронічним запаленням у шлунково-кишковому тракті. При ВК запалення обмежується товстою кишкою, в той час, як при ХК запалення може охоплювати ділянку від ротової порожнини до заднього проходу. ЗЗК становить діагностичну та терапевтичну проблему, особливо у дітей та підлітків, не лише на початковій стадії захворювання, але й під час підозри на

загострення захворювання [52] (рис. 7). Порівняно з ЗЗК у дорослих, у дітей при початковому прояві захворювання часто спостерігається більш розповсюджене ураження та супроводжується панколітом [53, 54]. На сучасному етапі інвазивні ендоскопічні процедури необхідні для визначення конкретного підтипу ЗЗК та оцінки поширення захворювання, а в педіатричній та підлітковій популяції це часто вимагає загальної анестезії. В свою чергу 18F-ФДГ ПЕТ/КТ можна використовувати коли інші звичайні дослідження, зокрема ендоскопія, є неможливими [55, 56] через високий ризик ускладнень (тобто токсичного мегаколону або перфорації), або за наявності стриктур [57, 58].

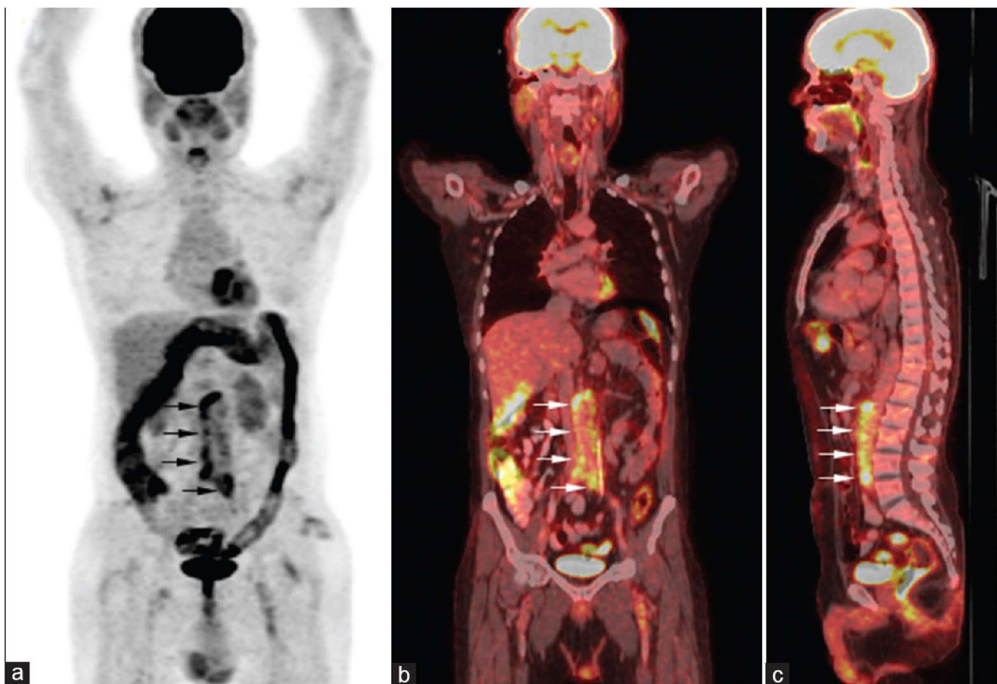
Заочеревинний фіброз

Заочеревинний фіброз (ЗОФ) – це рідкісне захворювання, яке характеризується наявністю утворення м'яких тканин із запаленням і фіброзом у заочеревинному просторі [59]. Заочеревинні ураження можуть не тільки охоплювати аорту, але й сечоводи або інші сусідні структури; часто виникають ускладнення, такі як гідронефроз, ниркову недостатність тощо [59]. Більше двох третин випадків припадає на ідіопатичну форму ЗОФ, а решта є вторинною по відношенню до інших факторів (новоутворень, інфекцій, травм, променевої терапії, хірургічного втручання, застосування деяких лікарських засобів). Методом вибору для діагностики ЗОФ залишається гістопатологічне дослідження з типовим запальним інфільтратом (мононуклеари, хронічне запалення, проліферація фібробластів і надмірний позаклітинний матрикс) [60]. Більшість доступних досліджень показує, що 18F-ФДГ ПЕТ/КТ може бути корисним для оцінки ступеня захворювання та активності на момент встановлення діагнозу [61, 62] (Рис. 8). Надмірна експресія ГЛЮТ-1 та ГЛЮТ-3 і підвищена активність гексокінази типу II, що стимульована цитокінами або мутагенами, призводять до додаткового споживання глюкози та, як наслідок, поглинання 18F-ФДГ за допомогою запального процесу клітин [63]. Щодо використання ПЕТ у спостереженні за пацієнтами з ЗОФ, за результатами ПЕТ відзначалась часткова або повна терапевтична відповідь у шести із семи пацієнтів після імуносупресивної терапії, тоді як КТ показала залишкову масу у всіх пацієнтів, яка, ймовірно, представляла неактивну залишкову тканину [64]. Ці дані свідчили про те, що ПЕТ виявився більш специфічним методом візуалізації, ніж КТ, у визначенні активності захворювання під час лікування ЗОФ.



18F-ФДГ ПЕТ/КТ. Проекція максимальної інтенсивності (лівий слайд), композитні аксіальні зображення (середній слайд) і композитні корональні зображення (правий слайд). Інтенсивне збільшення захоплення ФДГ у прямій і сигмовидній кишках, низхідній ободовій, сліпій та висхідній кишці [52].

Рисунок 7. Пацієнтка М., 3 р. з хворобою Крона



(a) - заочеревинне ураження з помірним або інтенсивним поглинанням 18F-ФДГ (стрілки, СВНмакс – 3,7). Корональні (b) та сагітальні (c) зображення ПЕТ/КТ - 18F-ФДГ – авідна заочеревинна м'яка тканина, що охоплює черевну аорту (стрілки) [62].

Рисунок 8. Пацієнт Н., 45 р. Проекційна ПЕТ максимальної інтенсивності

Висновки

1. Позитронно-емісійна томографія у пацієнтів із запальними або інфекційними захворюваннями є ефективним допоміжним додатковим методом променевої візуалізації. Можливості методу надати цінну функціональну та морфологічну інформацію стрімко набувають актуальності та знаходять все більше варіантів клінічного застосування.

2. Здатність 18F-ФДГ накопичуватись у клітинах запалення (гранулоцитах, лімфоцитах, моноцитах) є корисною на етапі

діагностики інфекційних захворювань та визначення активності патологічного процесу.

3. 18F-ФДГ ПЕТ/КТ знаходить своє ефективне застосування на різних етапах лікування, а також є корисним методом променевої візуалізації для моніторингу терапевтичної відповіді на лікування. Слід зазначити, що 18F-ФДГ ПЕТ/КТ є також ефективним методом променевої візуалізації і при неонкологічній патології.

References

1. Signore, A., Anzola, K.L., Auletta, S., Varani, M., Petitti, A., Pacilio, M., Galli, F., Lauri, C. (2018). Current Status of Molecular Imaging in Inflammatory and Autoimmune Disorders. *Current Pharmaceutical Design*, 24(7), 743-753. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180130115153>.
2. Sollini, M., Lauri, C., Boni, R., Lazzeri, E., Erba, P.A., Signore, A. (2018). Current Status of Molecular Imaging in Infections. *Current Pharmaceutical Design*, 24(7), 754-771. <https://doi.org/10.2174/1381612824666180110103348>.
3. Jennette, J.C., Falk, R.J., Bacon, P.A., Basu, N., Cid, M.C. (2013). 2012 revised International Chapel Hill Consensus Conference Nomenclature of Vasculitides Arthritis Rheumatoid, 65(1), 1-11. <https://doi.org/10.1002/art.37715>.
4. Kermani, T.A., Crowson, C.S., Muratore, F., Schmidt, J., Matteson, E.L., Warrington, K.J. (2015). Extra-cranial giant cell arteritis and Takayasu arteritis: How similar are they? *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 44(6), 724-728. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2015.01.005>.
5. Slart, R.H.J.A. (2018). Writing group; Reviewer group; Members of EANM Cardiovascular; Members of EANM Infection & Inflammation; Members of Committees, SNMMI Cardiovascular; Members of Council, PET Interest Group; Members of ASNC; EANM Committee Coordinator. FDG-PET/CT(A) imaging in large vessel vasculitis and polymyalgia rheumatica: joint procedural recommendation of the EANM, SNMMI, and the PET Interest Group (PIG), and endorsed by the ASNC. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 45(7), 1250-1269. <https://doi.org/10.1007/s00259-018-3973-8>.
6. Dejaco, C., Ramiro, S., Duftner, C., Besson, F.L. (2018). EULAR recommendations for the use of imaging in large vessel vasculitis in clinical practice. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 77(5), 636-643. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2017-212649>.
7. Treglia, G., Mattoli, M.V., Leccisotti, L., Ferraccioli, G., Giordano, A. (2011). Usefulness of whole-body fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with large-vessel vasculitis: a systematic review. *Clinical Rheumatology*, 30(10), 1265-1275. <https://doi.org/10.1007/s10067-011-1828-9>.
8. Treglia, G., Versari, A., Giovanella, L., Pipitone, N., Salvarani, C. (2013). Is 18F-FDG PET a 'potentially hazardous' or an effective tool in evaluating patients with large-vessel vasculitis? *Clinical and Experimental Rheumatology*, 31(1 Suppl 75), 93. PMID: 23380155.
9. Chen, N., Huang, J.B. (2021). 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of Takayasu arteritis: A case report. *Radiology Case Reports*, 17(3), 489-491. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.11.031>.
10. González-Gay, M.A., Matteson, E.L., Castañeda, S. (2017). Polymyalgia rheumatica. *Lancet*, 390(10103), 1700-1712. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31825-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31825-1).
11. Prieto-Peña, D., Martínez-Rodríguez, I., Loricera, J., Banzo, I. (2019). Predictors of positive 18F-FDG PET/CT-scan for large vessel vasculitis in patients with persistent polymyalgia rheumatica. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 48(4), 720-727. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2018.05.007>.
12. Lee, Y.H., Choi, S.J., Ji, J.D., Song, G.G. (2016). Diagnostic accuracy of 18F-FDG PET or PET/CT for large vessel vasculitis : A meta-analysis. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 75(9), 924-931. <https://doi.org/10.1007/s00393-015-1674-2>.
13. Salvarani, C., Soriano, A., Muratore, F., Shoenfeld, Y., Blockmans, D. (2017). Is PET/CT essential in the diagnosis and follow-up of temporal arteritis? *Autoimmunity Reviews*, 16(11), 1125-1130. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2017.09.007>.
14. Soussan, M., Nicolas, P., Schramm, C., Katsahian, S., Pop, G., Fain, O., Mekinian, A. (2015). Management of large-vessel vasculitis with FDG-PET: a systematic literature review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 94(14), 622. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000622>.
15. van der Geest, K.S.M., Treglia, G., Glaudemans, A.W.J.M., Brouwer, E., Sandovici, M., Jamar, F., Gheysens, O., Slart, R.H.J.A. (2021). Diagnostic value of [18F]FDG-PET/CT for treatment monitoring in large vessel vasculitis: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 48(12), 3886-3902. <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05362-8>.
16. Kang, F., Han, Q., Zhou, X., Zheng, Z., Wang, S. (2020). Performance of the PET vascular activity score (PETVAS) for qualitative and quantitative assessment of inflammatory activity in Takayasu's arteritis patients. *European Journal of Nuclear Medicine*

- and *Molecular Imaging*, 47(13), 3107-3117. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04871-2>.
17. Grayson, P.C., Alehashemi, S., Bagheri, A.A., Civelek, A.C. (2018). 18 F-Fluorodeoxyglucose-Positron Emission Tomography As an Imaging Biomarker in a Prospective, Longitudinal Cohort of Patients With Large Vessel Vasculitis. *Arthritis & Rheumatology*, 70 (3), 439-449. <https://doi.org/10.1002/art.40379>.
 18. Quinn, K.A., Dashora, H., Novakovich, E., Ahlman, M.A., Grayson, P.C. (2021). Use of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography to monitor tocilizumab effect on vascular inflammation in giant cell arteritis. *Rheumatology (Oxford)*, 60(9), 4384-4389. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keaa894>.
 19. Schönau, V., Roth, J., Tascilar, K., Corte, G. (2021). Resolution of vascular inflammation in patients with new-onset giant cell arteritis: data from the RIGA study. *Rheumatology (Oxford)*. 60(8), 3851-3861. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keab332>.
 20. Erba, P.A., Lancellotti, P., Vilacosta, I., Gaemperli, O. (2018). Recommendations on nuclear and multimodality imaging in IE and CIED infections. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 45 (10), 1795-1815. <https://doi.org/10.1007/s00259-018-4025-0>.
 21. Gomes, A., Glaudemans, A.W.J.M., Touw, D.J. (2017). Diagnostic value of imaging in infective endocarditis: a systematic review. *Lancet Infectious Diseases*, 17(1), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30141-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30141-4).
 22. Habib, G., Lancellotti, P., Antunes, M.J., Bongiorno, M.G., Casalta, J.P., Del Zotti, F., Dulgheru, R., El Khoury, G., Erba, P.A. (2015). ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *European Heart Journal*, 36(44), 3075-3128. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv319>.
 23. Rouzet, F., Chequer, R., Benali, K., Lepage, L. (2014). Respective performance of 18F-FDG PET and radiolabeled leukocyte scintigraphy for the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Journal of Nuclear Medicine*, 55 (12), 1980-1985. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.141895>.
 24. Saby, L., Laas, O., Habib, G., Cammilleri, S. (2013). Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: increased valvular 18F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *Journal of the American College of Cardiology*, 61(23), 2374-82. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.01.092>.
 25. Scholtens, A.M., van Aarnhem, E.E., Budde, R.P. (2015). Effect of antibiotics on FDG-PET/CT imaging of prosthetic heart valve endocarditis. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*, 16(11), 1223. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev186>.
 26. Swart, L.E., Gomes, A., Scholtens, A.M. (2018). Improving the Diagnostic Performance of 18F-Fluorodeoxyglucose Positron-Emission Tomography/Computed Tomography in Prosthetic Heart Valve Endocarditis. *Circulation*, 138 (14), 1412-1427. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035032>.
 27. Granados, U., Fuster, D., Pericas, J.M., Llopis, J.L. (2016). Hospital Clinic Endocarditis Study Group. Diagnostic Accuracy of 18F-FDG PET/CT in Infective Endocarditis and Implantable Cardiac Electronic Device Infection: A Cross-Sectional Study. *Journal of Nuclear Medicine*, 57(11), 1726-1732. <https://doi.org/10.2967/jnumed.116.173690>.
 28. San, S., Ravis, E., Tessonier, L., Philip, M. (2019). Prognostic Value of 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Infective Endocarditis. *Journal of the American College of Cardiology*, 74(8), 1031-1040. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.06.050>.
 29. Kusumoto, F.M., Schoenfeld, M.H., Wilkoff, B.L. (2017). 2017 HRS expert consensus statement on cardiovascular implantable electronic device lead management and extraction. *Heart Rhythm*, 14(12), 503-551. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.09.001>.
 30. Podoleanu, C., Deharo, J.C. (2014). Management of Cardiac Implantable Electronic Device Infection. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*, 3(3), 184-189. <https://doi.org/10.15420/aer.2014.3.3.184>.
 31. Pizzi, M.N., Roque, A., Fernández-Hidalgo, N., Cuéllar-Calabria, H. (2015). Improving the Diagnosis of Infective Endocarditis in Prosthetic Valves and Intracardiac Devices With 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Angiography: Initial Results at an Infective Endocarditis Referral Center. *Circulation*, 132(12), 1113-1126. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015316>.
 32. Mahmood, M., Kendi, A.T., Farid, S., Ajmal, S. (2019). Role of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of cardiovascular implantable electronic device infections: A meta-analysis. *Journal of Nuclear Cardiology*, 26 (3), 958-970. <https://doi.org/10.1007/s12350-017-1063-0>.
 33. Doherty, J.U., Kort, S., Mehran, R., Schoenhagen, P., Soman, P. (2017). Rating Panel Members; Appropriate Use Criteria Task Force. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2017 Appropriate Use Criteria for Multimodality Imaging in Valvular Heart Disease : A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Thoracic Surgeons. *Journal of Nuclear Cardiology*, 24(6), 2043-2063. <https://doi.org/10.1007/s12350-017-1070-1>
 34. Kouijzer, I.J.E., Mulders-Manders, C.M., Bleeker-Rovers, C.P., Oyen, W.J.G. (2018). Fever of Unknown Origin: the Value of FDG-PET/CT. *Seminars in Nuclear Medicine*, 48 (2), 100-107. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.11.004>.

35. Elshalakani, M.O.M., Chalabi, N., Hanafy, H.M. et al. (2022). Diagnostic value of FDG-PET/CT in fever of unknown origin. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 53, 55. <https://doi.org/10.1186/s43055-022-00725-z>.
36. Dong, M.J., Zhao, K., Liu, Z.F., Wang, G.L., Yang, S.Y., Zhou, G.J. (2011). A meta-analysis of the value of fluorodeoxyglucose-PET/PET-CT in the evaluation of fever of unknown origin. *European Journal of Radiology*, 80 (3), 834-844. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.11.018>.
37. Viscido, A., Aratari, A., Maccioni, F., Signore, A., Caprilli, R. (2005). Inflammatory bowel diseases: clinical update of practical guidelines. *Nuclear Medicine Communications*, 26 (7), 649-55. <https://doi.org/10.1097/01.mnm.0000169205.21377.6a>.
38. Pijl, J.P., Londema, M., Kwee, T.C., Nijsten, M.W.N. (2021). FDG-PET/CT in intensive care patients with bloodstream infection. *Critical Care*, 25 (1), 133. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03557-x>.
39. Glaudemans, A.W.J.M., Jutte, P.C., Cataldo, M.A., Cassar-Pullicino, V. (2019). Consensus document for the diagnosis of peripheral bone infection in adults: a joint paper by the EANM, EBJIS, and ESR (with ESCMID endorsement). *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 46 (4), 957-970. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-4262-x>.
40. Signore, A., Sconfienza, L.M., Borens, O., Glaudemans, A.W.J.M., Cassar-Pullicino, V. (2019). Consensus document for the diagnosis of prosthetic joint infections: a joint paper by the EANM, EBJIS, and ESR (with ESCMID endorsement). *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 46 (4), 971-988. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-4263-9>.
41. Romanò, C.L., Petrosillo, N., Argento, G., Sconfienza, L.M., Treglia, G. (2020). The Role of Imaging Techniques to Define a Peri-Prosthetic Hip and Knee Joint Infection: Multidisciplinary Consensus Statements. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (8), 2548. <https://doi.org/10.3390/jcm9082548>.
42. Estre, V.V., Khelassi, A., Monteiro, A.C.B. et al. (2019). Why software-defined radio (SDR) matters in healthcare? *Journal of Medical Innovation and Technology*, 3, 421-429. <https://doi.org/10.26415/2572-004X-vol3iss3p421-429>.
43. Liu, Q., Liu, Z., Yong, S., Jia, K., Razmjoo, N. (2020). Computer-aided breast cancer diagnosis based on image segmentation and interval analysis. *Automatika*, 61 (3), 496-506. <https://doi.org/10.1080/00051144.2020.1785784>.
44. Fuster, D., Tomás, X., Mayoral, M., Soriano, A. (2015). Prospective comparison of whole-body (18)F-FDG PET/CT and MRI of the spine in the diagnosis of haematogenous spondylodiscitis. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 42 (2), 264-271. <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2898-0>.
45. Smids, C., Kouijzer, I.J., Vos, F.J., Sprong, T. (2017). A comparison of the diagnostic value of MRI and 18F-FDG-PET/CT in suspected spondylodiscitis. *Infection*, 45 (1), 41-49. <https://doi.org/10.1007/s15010-016-0914-y>.
46. Raghavan, M., Lazzeri, E., Palestro, C.J. (2018). Imaging of Spondylodiscitis. *Seminars in Nuclear Medicine*, 48 (2), 131-147. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.11.001>.
47. Lazzeri, E., Bozzao, A., Cataldo, M.A., Petrosillo, N. (2019). Joint EANM/ESNR and ESCMID-endorsed consensus document for the diagnosis of spine infection (spondylodiscitis) in adults. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 46(12), 2464-2487. <https://doi.org/10.1007/s00259-019-04393-6>.
48. Nanni, C., Boriani, L., Salvadori, C., Zamparini, E., Rorato, G. (2012). FDG PET/CT is useful for the interim evaluation of response to therapy in patients affected by haematogenous spondylodiscitis. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 39 (10), 1538-1544. <https://doi.org/10.1007/s00259-012-2179-8>.
49. Riccio, S.A., Chu, A.K., Rabin, H.R., Kloiber, R. (2015). Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Interpretation Criteria for Assessment of Antibiotic Treatment Response in Pyogenic Spine Infection. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 66 (2), 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2014.08.004>.
50. Kouijzer, I.J.E., Vos, F.J., Janssen, M.J., van Dijk, A.P., Oyen, W.J., Bleeker-Rovers, C.P. (2013). The value of 18F-FDG PET/CT in diagnosing infectious endocarditis. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 40 (7), 1102-1107. <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2376-0>.
51. Amraoui, S., Tlili, G., Hindié, E., Perez, P., Peuchant, O., Bordenave, L., Bordachar, P. (2016). Accuracy of Positron Emission Tomography as a Diagnostic Tool for Lead Endocarditis: Design of the Prospective Multicentre ENDOTEP Study. *European Cardiology Review*, 11 (1), 25-28. <https://doi.org/10.15420/ecr.2016:6:2>.
52. Malham, M., Hess, S., Nielsen, R.G., Husby, S., Høilund-Carlsen, P.F. (2014). PET/CT in the diagnosis of inflammatory bowel disease in pediatric patients: a review. *American Journal of Nuclear Medicine*, 4 (3), 225-230. PMID: 24795836.
53. Pigneur, B., Seksik, P., Viola, S., Viala, J., Beaugerie, L. (2010). Natural history of Crohn's disease: comparison between childhood- and adult-onset disease. *Inflammatory bowel disease*, 16 (6), 953-961. <https://doi.org/10.1002/ibd.21152>.
54. Van Limbergen, J., Russel, R.K., Drummond, H.E., Aldhous, M.C. (2008). Definition of phenotypic characteristics of childhood-onset inflammatory bowel disease. *Gastroenterology*, 135 (4), 1114-1122. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2008.06.081>.
55. Caobelli, F., Evangelista, L., Quartuccio, N., Familiari, D. (2016). Role of molecular imaging in the management of patients affected by inflammatory bowel disease: State-of-the-art. *World Journal of Radiology*, 8 (10), 829-845. <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i10.829>.
56. Dmochowska, N., Wardill, H.R., Hughes, P.A. (2018). Advances in Imaging Specific Mediators of Inflammatory Bowel Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (9), 2471. <https://doi.org/10.3390/ijms19092471>.

57. Pellino, G., Nicolai, E., Catalano, O.A., Campione, S., D'Armiento, F.P., Salvatore, M., Cuocolo, A., Selvaggi, F. (2016). PET/MR Versus PET/CT Imaging: Impact on the Clinical Management of Small-Bowel Crohn's Disease. *Journal of the European Crohn's and Colitis*, 10(3), 277-285. <https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjv207>.
58. Treglia, G., Quartuccio, N., Sadeghi, R., Farchione, A., Caldarella, C., Bertagna, F., Fania, P., Cistaro, A. (2013). Diagnostic performance of Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with chronic inflammatory bowel disease: a systematic review and a meta-analysis. *Journal of the European Crohn's and Colitis*, 7 (5), 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.crohns.2012.08.005>.
59. Jansen, I., Hendriks, T.R., Han, S.H., Huiskes, A.W., van Bommel, E.F. (2010). (18)F-fluorodeoxyglucose position emission tomography (FDG-PET) for monitoring disease activity and treatment response in idiopathic retroperitoneal fibrosis. *European Journal of Internal Medicine*, 21 (3), 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2010.02.008>.
60. Grozdic Milojevic, I.T., Milojevic, B., Sobic-Saranovic, D.P., Artiko, V.M. (2018). Impact of hybrid molecular imaging in retroperitoneal fibrosis: a systematic review. *Rheumatology International*, 38(2), 179-187. <https://doi.org/10.1007/s00296-017-3798-y>.
61. Meller, J., Sahlmann, C.O., Gürocak, O., Liersch, T., Meller, B. (2009). FDG-PET in patients with fever of unknown origin: the importance of diagnosing large vessel vasculitis. *Quarterly Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 53 (1), 51-63. PMID: 19182728.
62. Sharma, P., Chatterjee, P. (2015). Contrast-enhanced (18)F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography in immunoglobulin G4-related retroperitoneal fibrosis. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, 30 (1), 72-74. <https://doi.org/10.4103/0972-3919.147551>.
63. Vaglio, A., Salvarani, C., Buzio, C. (2006). Retroperitoneal fibrosis. *Lancet*, 367(9506), 241-251. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68035-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68035-5).
64. Vaglio, A., Greco, P., Versari, A., Filice, A. (2005). Post-treatment residual tissue in idiopathic retroperitoneal fibrosis: active residual disease or silent "scar"? A study using 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 23 (2), 231-234. PMID: 15895895.

THE ROLE OF POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY IN INFECTIOUS AND INFLAMMATORY DISEASES (literature review)

P.O. Korol, M.S. Lukashenko, O.V. Shcherbina, V.O. Murashko, V.P. Ivchuk

Shupik National Healthcare Universitete of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Purpose. To investigate the clinical role of hybrid imaging methods, in particular positron emission tomography (PET) in the diagnosis and treatment of patients with inflammatory and infectious diseases.

Materials and methods. The material for the study was the scientific results of the publications of professional scientific publications of the world's leading countries of scientific and clinical activity over the past 10 years regarding the clinical value of hybrid radiographic imaging methods in the diagnosis and treatment of patients with inflammatory and infectious diseases. The research methods involved the use of PET imaging methods in infectious and inflammatory diseases.

Results. The effectiveness of PET has been shown in cases where other conventional studies are impossible due to the high risk of complications. The paper examines the usefulness of the method in the diagnosis of conditions that arise as a complication after prosthetics: endocarditis of a prosthetic valve; infections of implanted electronic devices; prosthetic joints and implants for fixation of fractures. PET in such cases allows differential diagnosis between aseptic and infectious inflammation, especially in the presence of artifacts caused by metal elements, which can limit studies using computed tomography or magnetic resonance imaging.

Conclusions. Positron emission tomography in patients with inflammatory or infectious diseases is an effective adjunct to radiographic imaging. PET finds its effective use at various stages of treatment, and is also a useful radiographic imaging method for monitoring the therapeutic response to treatment.

Key words: positron emission tomography, infectious and inflammatory diseases, computer tomography, radiopharmaceutical

Конфлікт інтересів відсутній

Conflict of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Відомості про авторів:

Король П. О. ^{A,B,E,F} – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, <https://orcid.org/0000-0003-0231-0021>; e-mail: p.korol@online.ua.

Лукашенко М. С. ^{B,C,D} – аспірант кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки НУОЗ України імені П.Л. Шупика, e-mail: lukashenko.n23@gmail.com

Щербіна О. В.^{A,B,C,E} – доктор медичних наук, професор, професор кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки НУОЗ України імені П.Л. Шупика, <https://orcid.org//0000-0001-9987-1014>; e-mail: shcherbina2708@gmail.com

Мурашко В. О.^{B,C,E} – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки НУОЗ України імені П.Л. Шупика, <https://orcid.org//0000-0002-5283-9866>; e-mail: murashkov-gig@ukr.net

Івчук В. П.^{A,B,D} – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри ядерної медицини, радіаційної онкології та радіаційної безпеки НУОЗ України імені П.Л. Шупика <https://orcid.org//0000-0002-7906-3228>; e-mail: vladimir.ivchuk@gmail.com

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних;

D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті.

Information about the authors:

Korol P. O.^{A,B,E,F} – Doctor of Medical Sciences, professor, Head of the Department of Nuclear Medicine, Radiation Oncology and Radiation Safety of the Shupik National University of Healthcare of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112; <https://orcid.org//0000-0003-0231-0021>; e-mail: p.korol@online.ua; Тел. +38(067)7217160

Lukashenko M. S.^{B,C,D} – graduate student of the Department of Nuclear Medicine, Radiation Oncology and Radiation Safety of the Shupik National University of Health Care of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112; e-mail: lukashenko.n23@gmail.com; Тел. +38(063)2535217

Shcherbina O. V.^{A,B,C,E} – doctor of medical sciences, professor, professor of the department of nuclear medicine, radiation oncology and radiation safety of the Shupik National University of Health Care of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112; <https://orcid.org//0000-0001-9987-1014>; e-mail: shcherbina2708@gmail.com; Тел. +38(063)6174268

Murashko V. O.^{B,C,E} – candidate of medical sciences, associate professor of the Department of Nuclear Medicine, Radiation Oncology and Radiation Safety of the Shupik National University of Health Care of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112; <https://orcid.org//0000-0002-5283-9866>; e-mail: murashkov-gig@ukr.net; Тел. +38(068)4264251

Ivchuk V. P.^{A,B,D} – candidate of medical sciences, associate professor of the department of nuclear medicine, radiation oncology and radiation safety of the Shupik National University of Health Care of Ukraine, Dorohozhytska str., 9, Kyiv, Ukraine, 04112; <https://orcid.org//0000-0002-7906-3228>; e-mail: vladimir.ivchuk@gmail.com; Тел. +38(063)6174268

A – research concept and design; B – collection and/ or assembly of data; C – data analysis and interpretation;

D – writing the article; E – critical revision of the article; F – final approval of the article.

Адреса для листування: вул. Дорогожицька, 9, Київ, Україна, 04412

