

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА КЛІНІЧНІ АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ПЕТ/КТ-ОБСТЕЖЕННЯ З ^{18}F -ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗОЮ

Щербіна О.В.¹, Кметюк Я.В.²

¹Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, м. Київ

²Всеукраїнський центр радіохірургії Клінічної лікарні «Феофанія», м. Київ

Метод позитронної емісійної томографії (ПЕТ) є одним із найбільш високотехнологічних та інформативних методів променевої діагностики, що входять до групи методів молекулярної візуалізації – медицини XXI століття [1-3]. ПЕТ дає змогу неінвазивно виконати кількісну оцінку біохімічних та функціональних процесів в організмі. Найпоширенішим позитронвипромінюючим РФП на сьогодні є фтордезоксиглюкоза, мічена ^{18}F (^{18}F -ФДГ).

Метод ПЕТ успішно застосовується в онкології, кардіології та неврології [4-6].

Порядок проведення ПЕТ/КТ-обстеження з ^{18}F -фтордезоксиглюкозою

Загалом весь процес проведення діагностичної процедури ПЕТ/КТ-обстеження усього тіла пацієнта з ^{18}F -фтордезоксиглюкозою можна умовно поділити на дванадцять етапів.

Етап 1. Звернення пацієнта в ПЕТ-центр з метою проведення діагностичної процедури ПЕТ/КТ-обстеження з ^{18}F -фтордезоксиглюкозою

На цьому етапі пацієнт чи лікуючий лікар звертається до медичного реєстратора, який повинен по телефону, факсу зареєструвати таку інформацію.

- ПІБ, дата народження, стать, вага, телефон, e-mail;
- діагноз (чи диференційний ряд), виключення – висока температура тіла більше ніж 3 тижні, наявний метастаз анонімного раку;
- мета обстеження: *первинний пошук злоякісного новоутворення; стадіювання до лікування злоякісного новоутворення (+планування біопсії, променевої терапії); контроль ефективності лікування злоякісного новоутворення; рестадіювання злоякісного новоутворення; пошук рецидиву; спостереження;*
- проведено лікування (якщо виконано, +терміни запланованого лікування): *оперативне (що робили, коли виконана операція); променева терапія (ділянка, доза, коли закінчилась); хіміотерапія (скільки курсів, схема поліхіміотерапії, коли закінчився останній курс); інше;*
- плановані терміни проведення процедури ПЕТ/КТ-обстеження;
- додаткова інформація;
- алергічна реакція на йод;
- цукровий діабет (яке лікування пацієнт отримує на даний момент).

Також вказуються відомості про лікаря, який направив на лікування, відомості про клініку, записується номер телефону.

Реєстратор записує інформацію у відповідні розділи журналу, оцінює отриману інформацію, відповідно до затверджених показань, протипоказань, обмежень, та приймає одне з можливих рішень:

- а) якщо обстеження показано (доцільне), то здійснюється запис в календарі з урахуванням термінів проведення процедури відповідно до потреб лікування (в діагностичній задачі обстеження вказується "показано для...", або "уточнення..." ("з метою..."));
- б) якщо обстеження не показано (недоцільне), проте може бути виконано за певних умов, то здійснюється запис в плані-календарі обстежень (у діагностичній задачі обстеження вказується "доцільність обстеження не встановлена");
- в) якщо обстеження не показано – здійснюється запис у календарі в день звернення пацієнта (в діагностичній задачі вказується "обстеження не показано").

У подальшому реєстратор інформує пацієнта про те, що необхідно надіслати копії результатів гістологічного (імуногістохімічного) дослідження, протоколи оперативного втручання, останню виписку за результатами хіміотерапії, протокол променевого лікування на e-mail/факс відділення (макс. 5 аркушів формату А4).

Протягом 24 годин після отримання пакета документів лікар телефонує пацієнту та підтверджує факт отримання необхідних документів, задає додаткові запитання за необхідності.

Результат Етапу 1:

- 1) формується потік (направлення) пацієнтів на ПЕТ/КТ-обстеження (обов'язково вказується первинний/повторний візит...);
- 2) формується пакет отриманих вхідних документів на кожного конкретного пацієнта.

Етап 2. Консультативний запис пацієнта на ПЕТ/КТ-обстеження.

Визначення протоколу обстеження

Лікар-радіолог отримує направлення пацієнтів та вхідні документи на кожного конкретного пацієнта для подальшого аналізу. За результатами аналізу телефонує пацієнту та під час бесіди, на основі поданої інформації, підтверджує доцільність обстеження ("показано"/"не показано"), уточнює його мету і визначає/підтверджує дату та протокол ПЕТ/КТ-обстеження (за необхідності в коментарях вказує необхідну інформацію про відмінності чи особливості в протоколі).

Результат Етапу 2:

- 1) конкретизація та уточнення направлення пацієнта на ПЕТ/КТ-обстеження;

2) попереднє визначення протоколу ПЕТ/КТ-обстеження пацієнта.

Отриманий результат (направлення, протокол ПЕТ/КТ-обстеження) передається медичному реєстратору.

Етап 3. Запис на ПЕТ/КТ-обстеження, інформування пацієнта

Медичний реєстратор вносить отримані від лікаря-радіолога дані в комп'ютерну базу (відповідну інформацію щодо запланованого обстеження отримують: завідувач відділення, лікар-рентгенолог, старший рентгенлаборант, рентгенлаборант, маніпуляційна сестра, медичний фізик, інженер-радіолог).

Пацієнта по телефону інформують про: дату та час обстеження, заходи щодо підготовки до обстеження (особливо, якщо необхідно, відміна вживання деяких препаратів – метформін!), необхідний лабораторний тест при плануванні введення рентгенконтрасту – креатинін.

Пацієнт попереджається про обов'язкове підтвердження напередодні до 12:00. У випадку відсутності підтвердження обстеження скасовується, на час, що звільнився, призначається пацієнт зі списку очікування.

Лікуючого лікаря по телефону інформують:

- якщо пацієнта заплановано на обстеження – ПІБ та дату запланованого обстеження пацієнта;
- якщо пацієнту відмовлено – ПІБ, причина відмови в обстеженні.

Результат Етапу 3: запис в електронну базу даних (автоматичне інформування всіх учасників діагностичної процедури), інформування пацієнта, інформування лікуючого лікаря.

Етап 4. Визначення, уточнення і деталізація протоколу ПЕТ/КТ-обстеження

4.1. Прибуття пацієнта в ПЕТ-центр.

Пацієнт повинен з'явитися у відділення ПЕТ для проходження дослідження строго в призначений йому час, натщесерце (не рекомендується жувати жувальну гумку!). Питний режим необмежений, але пити дозволяється тільки чисту питну воду (не солодку й негазовану!).

Медичний реєстратор перевіряє з пацієнтом коректність написання ПІБ та дати народження. Видає і за необхідності допомагає заповнити анкету пацієнта та інформовану згоду.

Результат Етапу 4.1: заповнена інформована згода пацієнта.

Направлення, протокол ПЕТ/КТ, інформована згода передається лікарю.

4.2. Спілкування лікарів-спеціалістів із пацієнтом.

Уточнення і деталізація протоколу за необхідності, формування листа лікарських призначень. Лікар вивчає вхідні документи, спілкується з хворим щодо методу дослідження, протипоказань, обмежень до проведення процедури.

Заповнюється лист лікарських призначень.

Підписується сумісно з пацієнтом та лікарем-радіологом інформована згода.

Результат Етапу 4.2: підписана інформована згода, сформований лист лікарських призначень.

Направлення, інформована згода та лист лікарських призначень передається маніпуляційній сестрі. Протокол ПЕТ/КТ передається рентгенлаборанту.

Етап 5. Підготовка пацієнта до ПЕТ/КТ-обстеження

Проводиться вимірювання зросту та маси тіла. Вони повинні бути визначені точно у випадку вимірювань значень стандартизованих показників накопичення (СПН, SUV).

Стандартизований показник накопичення характеризує захоплення РФП у пухлині, нормалізований за дозою і вагою пацієнта.

СПН = (активність із поправкою на розпад/см³ пухлини) / (введена активність/маса пацієнта (г)).

Для визначення СПН проводять побудову зон інтересу на декількох кадрах і обчислюють показник за допомогою спеціального програмного забезпечення.

У разі повторного дослідження одного пацієнта вага повинна бути виміряна безпосередньо перед кожним ПЕТ-дослідженням, оскільки вага тіла часто змінюється під час перебігу хвороби.

Перед дослідженням проводиться контроль рівня глюкози крові. У разі відповідності показників глюкози крові допустимим значенням пацієнта відводять у палату очікування, де він чекає на введення РФП.

У палаті проводяться необхідні маніпуляції згідно з протоколом обстеження, листом лікарських призначень.

Дозування РФП для конкретного пацієнта здійснює процедурна сестра. Виходячи з віку та ваги пацієнта, вона відбирає в шприц розрахований обсяг РФП з ємності загального фасування, вимірює в дозкалібраторі активність у шприці перед введенням пацієнтові.

У палаті здійснюється введення в організм пацієнта ¹⁸F-ФДГ (ін'єкція автоматичним ін'єктором чи мануально) за участю маніпуляційної сестри, рентгенлаборанту повідомляється час введення препарату та здійснюється введення цієї інформації до електронної бази даних.

Під час ін'єкції ¹⁸F-ФДГ і подальшої фази поглинання пацієнт повинен сидіти або лежати спокійно, щоб мінімізувати накопичення ¹⁸F-ФДГ у м'язах. У випадку дослідження головного мозку з ¹⁸F-ФДГ ін'єкція повинна проводитись у затемненій, тихій кімнаті (онкологічний випадок). Пацієнт повинен залишатися там протягом наступної фази поглинання для уникнення виникнення ділянок із більш високим накопиченням ¹⁸F-ФДГ через активацію функціональних зон мозку. Пацієнт має бути у теплі ще за 30-60 хв до введення ¹⁸F-ФДГ і впродовж всього наступного періоду поглинання та ПЕТ-дослідження для мінімізації накопичення ¹⁸F-ФДГ у бурій жировій тканині. До того ж, всі пацієнти повинні уникати значного фізичного навантаження (спорт), принаймні за 6 год до початку ПЕТ-дослідження.

Після введення РФП внутрішньовенно пацієнта супроводжують у релаксаційну кімнату, де він повинен перебувати увесь час до проведення дослідження, поки радіофармпрепарат не накопичиться в органах і тканинах.

У релаксаційній кімнаті, для запобігання нагромадження РФП у м'язах, до початку процедури, після введення препарату пацієнт повинен перебувати у стані повного фізичного і психоемоційного спокою. За необхідності спорожнити сечовий міхур, відвідати вбиральню — намагатися рухатися плавно, не допускаючи різких рухів.

Рівень глюкози в крові повинен бути вимірний до початку введення ^{18}F -ФДГ. З цією метою може бути використаний глюкометр чи інший аналогічний пристрій. Якщо рівень глюкози в плазмі крові складає < 10 ммоль/л, дослідження ПЕТ з ^{18}F -ФДГ може бути виконаним; якщо рівень глюкози в плазмі крові складає ≥ 10 ммоль/л, дослідження ПЕТ з ^{18}F -ФДГ має бути перенесене чи залежно від конкретних обставин пацієнта можливий перегляд даної ситуації для прийняття рішення.

Для виконання діагностичної КТ із внутрішньовенним введенням контрастної речовини (після ПЕТ/КТ-дослідження) кваліфікований лікар-радіолог повинен проаналізувати показання, протипоказання та обмеження. До уваги повинні бути взяті ліки, що можуть взаємодіяти певним чином із внутрішньовенним контрастом (наприклад, сіофор, діабетон для лікування цукрового діабету), та відповідні клінічні дані з історії хвороби пацієнта (наприклад, порушення функції нирок).

Для КТ черевної порожнини або таза може бути введена внутрішньопросвітна шлунково-кишкова контрастна речовина для поліпшення візуалізації шлунково-кишкового тракту (якщо немає медичних протипоказань).

Умови в кімнаті очікування (сканування) повинні бути розслаблюючими та теплими. Потрібно забезпечити пацієнта додатковими ковдрами, якщо це необхідно.

Повідомити пацієнта, що він має лежати або сидіти якомога спокійніше та мовчати. Пацієнти можуть відвідати вбиральню протягом очікування, бажано після перших 30 хв.

Приміщення, де пацієнти з введеним РФП очікують ПЕТ-дослідження, мають бути обладнані кріслами й/або ліжками, відповідно до методики дослідження. Пацієнти з введеним РФП є джерелами опромінення інших пацієнтів і медичного персоналу. Захист місця перебування пацієнта з введеним РФП визначається при проектуванні таким чином, щоб у місці розташування пацієнта потужність дози гамма випромінювання від інших пацієнтів, що перебувають у цьому ж приміщенні, не перевищувала 12 мкЗв/год . Для зниження дози застосовують збільшення відстані, стаціонарний і/або пересувний захист пацієнтів.

По завершенні очікування нагромадження радіофармпрепарату пацієнт повинен повністю спорожнити сечовий міхур (навіть за відсутності позивів на сечовипускання) та пройти в супроводі персоналу до процедурної ПЕТ/КТ для проведення дослідження.

Результат Етапу 5: пацієнту введено РФП ^{18}F -ФДГ, можливе проведення сканування (за запрошенням із пультової ПЕТ/КТ).

Етап 6. Проведення ПЕТ/КТ-обстеження

Рекомендований інтервал між часом введення ^{18}F -ФДГ та початком виконання сканування складає 45-60 хв. Однак для певних медичних досліджень цей термін може змінюватися залежно від захворювання та мети дослідження. Це повинно бути чітко зазначено в протоколі ПЕТ/КТ-дослідження. Повинен бути зареєстрований фактичний інтервал між ^{18}F -ФДГ ін'єкцією та початком дослідження. Коли пацієнт проходить повторно сканування, особ-

ливо у випадку оцінки результатів хіміотерапії, важливо, щоб застосовувався той же інтервал (допуск ± 5 хв). Крім того, ПЕТ чи ПЕТ/КТ-дослідження повинні проводитись за допомогою однакових методів збору даних та реконструкції зображень при створенні декількох сканувань одного і того ж пацієнта.

Обсяг сканування: для більшості онкологічних задач зазвичай охоплює частину тіла від середини стегна до рівня зовнішнього слухового проходу (оскільки активність сечового міхура зростає під час сканування). У разі потреби може бути використана більша ділянка сканування. Розширений скан всього тіла проводиться для дослідження пухлин, які мають високу ймовірність метастазів у голову, череп, головний мозок та в нижні кінцівки. Зображення обмежених зон пухлин можуть розглядатися для подальших досліджень, якщо захворювання обмежене у визначеному регіоні (наприклад, одиночний легеневий вузлик, підозра на рак легенів, дослідження внутрішньогрудних лімфатичних вузлів, пухлин голови та шиї, оцінка результатів терапії).

Пацієнт повинен зайняти положення з піднятими руками над головою, щоб уникнути посилення артефактів від місця ін'єкції, а також артефактів, викликаних скороченням поля обстеження. Якщо дані ПЕТ-досліджень з ^{18}F -ФДГ мають використовуватися для планування променевої терапії, дослідження має виконуватися у тій же позиції, з тими ж засобами позиціонування, що і променева терапія (наприклад, дека столу, лазерне позиціонування, засоби іммобілізації та ін.).

Дослідження проводиться в положенні лежачи на спині із відведеними за голову руками. Час проведення дослідження залежить від комплекції пацієнта й необхідності додаткових маніпуляцій і коливається в межах від 25 до 40 хвилин. Протягом усього дослідження пацієнт повинен строго дотримуватися команд оператора діагностичного відділення, лежати нерухомо, намагатися не кашляти й не розмовляти.

Дані пацієнта вводяться в програму на робочій станції томографа, обирається протокол сканування згідно з отриманим від лікаря протоколом ПЕТ/КТ-дослідження. Рентгенлаборант вкладає пацієнта на процедурний стіл відповідно до протоколу обстеження (руки вгору/вниз, стандартна зона сканування/голова тощо).

Можна приймати рішення про використання більшої величини активності та меншої тривалості сканування чи переважно, навпаки (використовувати меншу активність за більшою тривалістю сканування), зберігаючи принципи ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Відповідно до рекомендацій, важчі пацієнти отримують більші значення активності. Скорочений період сканування може бути скомпенсований більшою активністю ^{18}F -ФДГ. Для людей, що страждають на ожиріння, для поліпшення якості зображення рекомендується збільшувати час сканування (кількість хвилин на сканування однієї позиції ліжка), а не величину активності ^{18}F -ФДГ.

Максимально допустима величина активності ^{18}F -ФДГ регулюється національним законодавством. Тому в останньому випадку для дотримання використання величин активності ^{18}F -ФДГ у право-

вих рамках повинен збільшуватись час сканування.

КТ-протокол. КТ у рамках ПЕТ/КТ включає в себе топограму та спіральне КТ-сканування. Якщо КТ виконується виключно для корекції на ослаблення та уточнення локалізації, параметри сканування (струм на трубці, напруга, товщина зрізу, час обертання та крок) обираються з метою мінімізації радіаційного навантаження на пацієнта. Для діагностичної КТ із контрастним підсиленням повинні використовуватись стандартні установки міліампер-секунди для КТ чи рекомендовані виробником обладнання. Модуляція сили струму рентгенівської трубки може використовуватись для зниження доз опромінення пацієнтів. Залежно від медичних показань використовують внутрішньовенне та/чи пероральне введення контрастних речовин.

Необхідно виконувати корекцію емісійних даних ПЕТ на вплив геометричних чинників, ефективності детекторів (нормалізація), мертвий час системи, випадкові збіги, розсіювання та ослаблення. Деякі з цих поправок (наприклад, корекція на ослаблення) можуть бути безпосередньо реалізовані в процесі реконструкції. Для отримання вірогідних кількісних даних повинні виконуватись всі поправки під час процесу реконструкції. Дані, отримані в 3D-режимі, можуть бути реконструйовані безпосередньо за допомогою алгоритму 3D-реконструкції. Ітераційні алгоритми реконструкції становлять діючий стандарт для повсякденної клінічної практики і витісняють алгоритми зворотного проєціювання з фільтрацією.

При виявленні артефактів застосовують відповідні методики для їх усунення чи за необхідності повторюють сканування.

При виявленні алергічних реакцій пацієнта в зону сканування запрошують анестезіолога та проводять подальше дослідження під його супроводом.

По завершенні дослідження пацієнт супроводжується оператором діагностичного відділення в кімнату відпочинку, де перебуває від 20 хвилин до 1 години для зниження активності радіофармпрепарату.

За необхідності пацієнтові може бути проведено додаткове відстрочене прицільне ПЕТ-дослідження певної зони інтересу (для уточнення отриманих даних) через 1–1,5 години після первинного дослідження.

Результат Етапу 6: отримання повноцінного обстеження з гарантованою медичною та технічною якістю.

Етап 7. Відпочинок пацієнта після виконання ПЕТ/КТ-обстеження

Пацієнт відпочиває в палаті під наглядом маніпуляційної сестри. Термін відпочинку визначає інженер-радіолог відповідно до стандартів радіаційної безпеки (зазвичай 20-30 хвилин). Пацієнт має можливість залишити відділення.

Етап 8. Аналіз результатів ПЕТ/КТ-обстеження (фізична, технічна, радіобіологічна частини)

Аналіз результатів обстеження на цьому етапі здійснюють рентгенлаборант, медичний фізик, інженер-радіолог на предмет відсутності/наявності артефактів, дефектів та ін.

Лікар-рентгенолог та спеціаліст з ядерної медицини оцінюють зображення ПЕТ та КТ на екрані спеціалізованої робочої станції. Пакети програмного

забезпечення для ПЕТ/КТ-систем дозволяють візуалізувати зображення ПЕТ, КТ та ПЕТ+КТ, поєднувати їх в аксіальній, корональній та сагітальній площинах. Зображення ПЕТ з ^{18}F -ФДГ можуть відобразитися з/без корекції на ослаблення. На всіх зрізах (даних з корекцією на ослаблення) можна отримати кількісну інформацію про розміри та поглинання ^{18}F -ФДГ. Зображення повинні оцінюватись за допомогою програмного забезпечення для клінічного застосування в радіології та ядерній медицині.

Наявність або відсутність аномального накопичення ^{18}F -ФДГ на ПЕТ-зображеннях, особливо локального накопичення, оцінюється в поєднанні з його розміром та інтенсивністю. Відсутність такого накопичення є особливо вагомим, якщо інші тести вказали на наявні анатомічні відхилення. У разі необхідності отримані дані з цими відхиленнями співвідносяться з іншими діагностичними тестами та розглядаються з урахуванням всіх клінічних даних.

Повинні оцінюватись обидві серії ПЕТ-зображень, без/з корекцією, для того щоб виявити будь-які артефакти, викликані контрастною речовиною, металевими імплантатами та/чи рухом пацієнта. Критерії для візуального аналізу повинні бути визначені для кожного протоколу дослідження.

Стандартизовані показники накопичення все частіше використовуються в клінічних дослідженнях як додаток до візуальної оцінки.

Документація та звіти.

Назва дослідження.

Клінічна інформація.

ПЕТ/КТ-дослідження та протокол отримання зображення.

Активність радіофармпрепарату, тип введення і місце ін'єкції, час ін'єкції, час поглинання, маса тіла (для кожного дослідження), зріст та стать.

Інформація про ліки, що вводять для підготовки ПЕТ-сканування.

Ділянка сканування та позиціонування пацієнта: ПЕТ/КТ від основи черепа до середини стегна, обмежена ділянка і положення рук.

Рівень глюкози в крові до дослідження та методологія, що застосовується для отримання рівня глюкози в крові.

КТ-протокол: низькодозова та/чи діагностична КТ, застосування контрастних речовин (пероральні, внутрішньовенні, інформація про концентрації і об'єми, нативне КТ, артеріальні, портально-венозні фази), відскановані частини тіла.

Клінічний звіт.

Якість ПЕТ/КТ-дослідження: тобто обмеження через артефакти рухів, накопичення ^{18}F -ФДГ у м'язах і/або бурому жирі, гіперглікемія, артефакти, пов'язані з КТ, висока маса тіла пацієнта.

Опис локалізації, ступінь та інтенсивність патологічного накопичення ^{18}F -ФДГ відносно нормальної тканини. Опис відповідних висновків за КТ та їх зв'язок із патологічними накопиченнями ^{18}F -ФДГ. ^{18}F -ФДГ накопичення повинно бути ідентифіковане як легке, помірне чи інтенсивне порівняно з дозами фонового поглинання, наприклад у паренхімі печінки (середній СПН: 2,0–3,0; максимальний СПН: 3,0–4,0). Однак критерії для візуальної інтерпретації повинні бути визначені для кожного протоколу дослідження та/або типу раку, тому що вони можуть

відрізнятися для різних місць та типів пухлин.

КТ-частина звіту ПЕТ/КТ-дослідження повинна описувати всі виявлення (навіть якщо у випадку ПЕТ вони є негативними), за винятком випадків, коли КТ використовується тільки для корекції ослаблення.

Додаткова інформація: порівняння з попередніми дослідженнями повинні бути частиною ПЕТ/КТ звіту. ПЕТ/КТ-дослідження є більш цінними, якщо вони порівнянні з іншими результатами (наприклад, КТ, ПЕТ, ПЕТ/КТ, МРТ та ін.). Якщо ПЕТ/КТ виконується для оцінки результатів променевої терапії, повинен бути задокументований ступінь інтенсивності поглинання ^{18}F -ФДГ. Європейська організація з дослідження та лікування раку (EORTC) опублікувала критерії оцінки результатів терапії з використанням ^{18}F -ФДГ як метаболічного маркера. Для документації змін інтенсивності накопичення ^{18}F -ФДГ можуть використовуватися напівкількісні параметри, виражені в абсолютних чи відносних одиницях. Наразі відносні зміни СПН є найбільш надійним параметром. Акцент необхідно зробити на еквівалентності результатів, досягнутих із використанням порівняльних технічних протоколів та аналізу даних.

За умови коректності отриманих даних дається дозвіл на відправку в медичну мережу ПЕТ-центру – архівування згідно з внутрішніми стандартами ПЕТ-центру, виготовлення твердої копії та DVD.

У разі некоректності даних або наявності артефактів технічного чи фізичного характеру залучається лікар-рентгенолог та лікар-радіолог для вирішення можливості адекватної оцінки і подальшого використання отриманих даних. З метою підвищення якості ПЕТ/КТ рекомендується застосовувати орієнтовні параметри реконструкції для поточних ПЕТ і ПЕТ/КТ-систем та Стандартні процедури для контролю якості.

Орієнтовні параметри реконструкції для поточних ПЕТ і ПЕТ/КТ-систем:

- якщо оцінка отриманих результатів можлива – дається дозвіл на архівування медичних даних і виготовлення твердої копії та DVD;
- якщо оцінка неможлива – здійснюється призначення дати повторного обстеження, пацієнт попереджається про підготовку до нового обстеження, а також здійснюються вимушені зміни в базі даних (частина Етапу 3), перехід до Етапу 6 – відповідно підготовка пацієнта до обстеження.

Результат Етапу 8: коректні медичні дані в необхідній формі готові до наступного перенесення по медичній мережі, архівування, запису на цифрові носії, виготовлення твердих копій.

Отримані дані в необхідній формі, по мережі, надходять до проміжного споживача (медичного персоналу) та кінцевого споживача (на DVD).

Етап 9 та 10. Виготовлення та видача твердої копії (плівка, паперовий носій, фотопапір) та запис DVD

Проводиться рентгенлаборантом одночасно з відпочинком пацієнта.

Результат Етапу 9 та 10: отримана тверда копія.

Етап 11. Аналіз результатів ПЕТ/КТ-обстеження (медична частина), формування висновку обстеження

Опис ПЕТ/КТ-дослідження пов'язаний з оброб-

кою та інтерпретацією великої кількості діагностичних зображень, аналізом отриманих від пацієнта медичних документів, тому вимагає чимало часу.

Лікар повинен вказати сумарну ефективну дозу зовнішнього й внутрішнього опромінення, отриману пацієнтом у даній медичній установі від проведених рентгенорадіологічних процедур.

При призначенні пацієнтові повторного дослідження протягом одного року лікар-радіолог повинен проаналізувати отримані раніше дози, вибрати методику дослідження, яка забезпечує вирішення поставленого діагностичного завдання з мінімальним променевим навантаженням. За наступних призначень ПЕТ-дослідження протягом одного року лікареві-радіологові й лікуючому лікарю необхідно спільно обговорити необхідність і співвідношення «користь-ризик» проведення повторного дослідження.

Аналіз результатів ПЕТ/КТ-обстеження повинен здійснюватись відповідно до уніфікованої форми діагностичного радіологічного висновку ПЕТ/КТ, для роботи лікарів променевих діагностів.

Запропонована уніфікована форма діагностичного радіологічного висновку ПЕТ/КТ складається з паспортної та основної частини, місця для підпису та ініціалів лікаря. Паспортна частина включає: номер медичної картки, дату народження, стать, масу, зріст та ін.

До основної частини входять розділи: клінічні дані, методика/процедура, попередні дослідження, описова частина, висновки. Нижче розглянемо особливості їх заповнення.

Клінічні дані. Під час запису пацієнта на ПЕТ/КТ лікуючий лікар повинен вказати показання для дослідження і первинні клінічні запитання, відповіді на які можна отримати за результатами сканування. Така інформація допомагає лікарям-радіологам інтерпретувати діагностичні дані та зробити точний клінічно значущий висновок. Якщо лікуючим лікарем не надана відповідна клінічна інформація в стислому вигляді, лікарю-радіологу рекомендується перегляд наявних у пацієнта медичних документів. Вказуючи у висновку ПЕТ/КТ коротку клінічну історію і надані пацієнтом документи, можна значно полегшити розуміння клініцистом радіологічних висновків.

Рівень деталізації в секції клінічних даних радіологічного висновку може змінюватись залежно від особистих побажань радіолога, але наступні дані слід обов'язково включати: показання до сканування, тип пухлини та локалізація, короткий огляд поточного чи попереднього лікування (наприклад, хіміотерапія, тип та час останньої променевої терапії чи операції), а також будь-які конкретні клінічні запитання, задані спеціалістом, який направив пацієнта. Рекомендується використання термінології, прийнятої в Україні. Слід також вказувати захворювання чи перенесені операції, які не відносяться до основного захворювання, але можуть бути актуальними при ПЕТ/КТ-інтерпретації (наприклад, саркоїдоз або ревматоїдний артрит). Приклади оформлення клінічних даних: «Чоловік. 58 років. З дифузною В-клітинною лімфомою. ПЕТ/КТ проводиться для первинного стадіювання захворювання до початку лікування (розробка стратегії лікування)»; «Чоловік. 68 років. З дифузною В-клітинною лімфо-

мою, стадія III, отримав 6 курсів R-СНОР хіміотерапії, яка була завершена 7 червня 2013 р. ПЕТ/КТ виконується для оцінки ефективності лікування (розробка стратегії подальшого лікування)»; "60-річна жінка з колоректальним раком першої стадії, 1 рік після правобічної геміколектомії (червень 2012 р.) без ад'ювантної хіміотерапії, в даний час із зростанням РЕА. КТ-сканування черевної порожнини і малого таза 5 травня 2012 р. не виявило жодних ознак рецидиву. ПЕТ/КТ використовуватиметься для оцінки наявності продовження захворювання (подальший розвиток стратегії лікування)».

Методика/Процедура. Даний розділ радіологічного висновку описує процедуру виконання обстеження для порівняння з наступними (попередніми) дослідженнями. Інформація, яка повинна бути включена до розділу «Методика/процедура» кожного висновку: назва РФП, введена активність, спосіб введення, час поглинання (тобто інтервал часу від моменту ін'єкції до збору даних). Слід надати точні значення введеної дози РФП (за необхідності з поправкою на залишкову активність у шприці чи лінії ін'єктора пацієнта і точний час поглинання, оскільки обидва параметри впливають на напівкількісні вимірювання (наприклад, стандартизовані показники накопичення) і можуть впливати на порівняння з майбутніми чи попередніми дослідженнями). Також мають бути вказані будь-які допоміжні лікарські препарати, що вводились до початку дослідження (наприклад, фуросемід, 20 мг внутрішньовенно через 30 хв після ін'єкції ^{18}F -ФДГ чи лоразепам, 1 мг перорально за 1 год до введення РФП). SNMMI, ACR та EANM керівництва рекомендують вимірювання та запис рівня глюкози в крові пацієнтів, що проходять ПЕТ/КТ з ^{18}F -ФДГ.

Незалежно від обсягу сканування ПЕТ/КТ, у висновку повинна бути вказана фактична ділянка сканування з використанням відповідної анатомічної номенклатури. Наприклад, «від основи черепа до верхньої третини стегна» або «головний мозок».

У деяких випадках ПЕТ/КТ-протоколи можуть включати додатковий збір даних, наприклад відтерміноване сканування. В окремих випадках пацієнта сканують в особливому положенні, з використанням засобів фіксації чи маски для планування променевої терапії. Такі доповнення до стандартної методики виконання ПЕТ/КТ мають бути також описані.

ПЕТ/КТ-висновки повинні містити чіткий опис протоколу КТ-сканування. Зокрема, у висновку слід вказати, чи виконувалось повноцінне діагностичне КТ-сканування (наприклад, діагностична КТ з внутрішньовенним чи пероральним контрастом за необхідності) або низькодозове КТ без контрастного підсилення лише для визначення анатомічної локалізації та корекції на ослаблення. Якщо використовувалась йодовмісний контраст, необхідно вказати тип та об'єм введеної контрастної речовини. Слід уникати терміну «недіагностична» КТ, оскільки навіть низькодозова КТ без контрастного підсилення містить цінну діагностичну інформацію, яка повинна бути надана та використана під час інтерпретації даних ПЕТ як частини ПЕТ/КТ. До висновку також слід включати інформацію про реакції на контрастну речовину (в тому числі ознаки, симптоми та проведені лікування) та будь-які суттєві відхилення від стандартного протоколу виконання процедури.

Відповідно до чинного законодавства в кожному радіологічному висновку необхідно вказувати значення ефективної дози в мЗв (мілізівертах) (від обох компонентів обстеження). Приклад розділу «Методика/процедура» має такий вигляд:

Радіофармпрепарат: ^{18}F -ФДГ, 373 МБк внутрішньовенно, через ліву ліктьову вену.

Рівень глюкози в крові на момент ін'єкції ^{18}F -ФДГ: 5,3 ммоль/л.

Інтервал часу від моменту ін'єкції ^{18}F -ФДГ до сканування: 65 хв.

ПЕТ/КТ-збір даних виконувався від основи черепа до верхньої третини стегон; низькодозове КТ-сканування без перорального та внутрішньовенного контрастного підсилення з 5-мм товщиною зрізів.

Ефективна доза ПЕТ – 5,3 мЗв, КТ – 10,6 мЗв.

Порівняння результатів. За наявності відповідних даних лікар, що описує ПЕТ/КТ, повинен порівняти поточне дослідження з результатами попередніх досліджень. Результати, описані в літературі показали, що порівняння попередніх та поточних обстежень значно підвищує діагностичну точність висновку. Навіть коли точний діагноз не встановлено, отримання незмінних у динаміці даних може допомогти лікуючому лікарю у виборі подальшої тактики лікування. Найбільш об'єктивними є порівняння з попередніми ПЕТ/КТ-дослідженнями, але поточні результати також можуть бути співставлені із результатами інших нещодавніх досліджень, таких як КТ, МРТ, остеосцинтиграфія та ін. Слід перерахувати дані будь-яких інших досліджень, що використовуються для порівняння або кореляції, та вказати дати їх проведення. Якщо дані попередніх обстежень відсутні або не проводились, це також має бути зазначено.

Описова частина. Важливо мати послідовну організаційну схему для написання висновку ПЕТ/КТ-дослідження. Є три основних стилі звітності: за порядком важливості, за анатомічною локалізацією та змішаний гібридний формат.

Порядок важливості. Результати описуються в порядку важливості, враховуючи конкретний діагноз. У найпростішому варіанті висновок являє собою стадіювання захворювання за класифікацією TNM. В інших випадках такий висновок починається з опису найбільш важливих ознак та утворень для даного діагнозу та супроводжується описом виявлених додаткових супутніх утворень. Після детального опису найбільш важливих отриманих даних ПЕТ (разом із відповідним анатомічним описом з частини КТ-дослідження) мають бути описані основні дані КТ, що не мають підвищеної активності, а потім — випадкові «знахідки» (на ПЕТ або КТ), які навряд чи матимуть вплив на діагноз та подальше ведення пацієнта.

Такий формат висновку зазвичай починається з опису головних виявлених ПЕТ утворень, у тому числі позитивних і негативних, які мають безпосереднє відношення до діагнозу й описують первинне вогнище або уражений орган. Все це супроводжується описом даних ПЕТ, що характеризують поширення процесу в регіонарні лімфовузли або наявність віддалених метастазів. Далі у висновку описують виявлені під час даного ПЕТ/КТ-сканування утворення чи ділянки з підвищеним метаболізмом, які, найімовірніше, не мають відношення до основ-

ного діагнозу, але мають ознаки доброякісних чи злоякісних процесів (наприклад, аденома гіпофіза, підозра на поліп товстого кишківника, дифузне підвищення метаболічної активності щитоподібною залозою (тиреодит)). Завершує висновок опис виявлених КТ-утворень (збільшених лімфовузлів без ознак метаболічної активності; легеневих аномалій: емфізема, пневмоторакс, вузликові зміни; судинних аномалій: аневризма аорти, інші аневризми; конкрементів у нирках; калькульозного холециститу тощо). Слід звертати увагу на наявність неактивних легеневих вузликових змін, зазначати, якщо потрібно, необхідність подальшого спостереження за ними. Також у висновку треба описувати ділянки фізіологічного підвищення метаболічної активності: в шлунково-кишковому тракті, накопичення у місцях скупчення бурого жиру, накопичення внаслідок напруження м'язів.

Анатомічна локалізація. Виявлені на ПЕТ та КТ утворення диференціюються за топографічними ділянками (наприклад, голова та шия, грудна порожнина, черевна порожнина, заочеревинний простір та органи таза, опорно-руховий апарат) та описуються в кожній топографічній секції. Деякі лікарі дотримуються "структурованого" формату висновку, в якому перераховані по порядку усі органи і системи, а в кінці робиться висновок про відсутність чи наявність патології.

Гібридний формат висновку. Такий тип висновку використовує комбінація вищеописаних форм. Висновок організовано за анатомічними зонами, а виявлені патологічні зміни та утворення в кожній зоні описані в порядку їх значущості. Такі висновки більш знайомі і зрозумілі лікарям-клініцистам, бо мають вигляд, подібний до висновків інших досліджень (КТ, МРТ).

Загальне керівництво з написання висновку. Звертаємо увагу на те, що в будь-якій формі подання висновку локалізація, ступінь та інтенсивність метаболічної активності повинні бути відображені з використанням стандартних анатомічних термінів. Ділянки патологічної метаболічної активності повинні мати анатомічну прив'язку до КТ-зображення або мають бути співставлені з іншими нещодавніми рентген- чи МР-обстеженнями.

Доцільно проводити вимірювання розмірів вузликів і патологічних утворень в одному трансаксіальному або в двох-трьох ортогональних напрямках. Якщо виміри представлені в одному лінійному розмірі, слід зазначати, по короткій чи довгій осі вони були зроблені. Якщо ПЕТ/КТ-обстеження здійснюється після інших досліджень (наприклад, після КТ), слід порівняти розміри анатомічних структур та утворень (вказати збільшення, стабільність, зменшення) у часі додатково до виявлених ПЕТ/КТ-ознак.

Інтенсивність накопичення ^{18}F -ФДГ може бути описана з використанням якісної характеристики (низька, помірна, інтенсивна) або кількісних вимірів, таких як SUV. Обидва варіанти мають переваги та недоліки. Використання SUV є бажаним, тому що цей показник більш піддається порівнянню та може мати прогностичне значення для деяких видів злоякісних пухлин. Існують різні шляхи підрахунку SUV, які мають бути стандартизовані (наприклад, середнє чи максимальне значення SUV; SUV, нормоване

на повну масу тіла чи лише на масу м'язів). Перевага надається визначенню максимального SUV (SUV max).

Рекомендується порівнювати патологічний рівень метаболізму з метаболізмом у ділянці фізіологічного поглинання. Наприклад, патологічний метаболізм в ураженій ділянці може бути описаний шляхом порівняння з метаболізмом у печінці: «низька метаболічна активність» – менш інтенсивна, ніж метаболізм у печінці, «помірна» – аналогічна метаболізму в печінці, «інтенсивна» – значно вища за рівень метаболізму в печінці. Патологічну метаболічну активність можна також порівняти з рівнем активності медіастинального кров'яного пулу.

Враховуючи мультимодальність самого ПЕТ/КТ-обстеження, опис дослідження рекомендується проводити двома фахівцями – спеціалістом з ядерної медицини та спеціалістом з діагностичної радіології. За наявності лікарів-діагностів, що пройшли обидва види спеціалізації, перегляд діагностичних зображень як мінімум двома фахівцями є все-таки бажаним з огляду на значний обсяг інформації по кожному пацієнту та різними варіантами її інтерпретації.

Висновок. Висновок повинен містити коротку та лаконічну інтерпретацію описової частини, а не просте перераховування виявленої патології.

У висновку має бути чітка відповідь на конкретне клінічне запитання, поставлене направляючим спеціалістом. Висновок повинен містити діагноз або короткий список диференційних діагнозів із рівнем імовірності, також мають бути зазначені рекомендації щодо подальших обстежень (наприклад, після проведеної терапії) або спостереження та контролю виявлених утворень. Додаткові дослідження можуть бути необхідними для уточнення ділянки діагностичного інтересу на ПЕТ/КТ, особливо коли це може вплинути на планування подальшої терапії.

Окремий наголос ставиться на стандартизацію висновків відносно оцінки результату проведеного лікування. Правильне клінічне рішення може бути прийняте вже на основі отриманих результатів візуалізації, якщо у висновках використовуються оцінки терапевтичної відповіді (повна ремісія, часткова ремісія, стабілізація, прогресування захворювання), які затверджено BOO3 та критеріями RECIST (Response Evaluation Criteria In Solid Tumors). Ці критерії було розроблено для клінічних питань на основі радіологічних досліджень. Щоб охопити весь обсяг отриманої з ПЕТ/КТ інформації, необхідно включити, на додаток до розмірів, параметри інтенсивності поглинання та об'ємні метаболічні дані.

Висновок. Радіологічний висновок є вагомим елементом лікарської експертизи. Зміст висновку впливає не лише на подальше ведення пацієнта та на клінічні результати, а також є важливим юридичним документом. Підрозділ «Висновки» повинен містити чітке визначення наявності чи відсутності патологічного процесу, стислий диференційний діагноз, якщо можливо, рекомендації щодо додаткових обстежень, якщо це необхідно, та дані, що можуть охарактеризувати ургентну патологію в пацієнта.

Результат Етапу 11: висновок ПЕТ/КТ-обстеження на паперовому носії чи в електронному вигляді (готовий для друку).

Етап 12. Видача результатів ПЕТ/КТ-обстеження

Проводиться медичним реєстратором.

- тверду копія та DVD видають пацієнту на руки в момент, коли він залишає клініку (відразу після обстеження);
- висновок ПЕТ/КТ-обстеження видають через 24 години після сканування на руки або відправляють на вказаний пацієнтом e-mail чи факс.

Результат Етапу 12: отримання пацієнтом висновку ПЕТ/КТ-обстеження на паперовому носії чи в електронному вигляді (готовому для друку).

Потрібно інформувати хворого, що весь процес ПЕТ-дослідження триває близько 4–4,5 годин.

Позитронну емісійну томографію найчастіше застосовують в онкології. Показання для проведення ПЕТ/КТ з ^{18}F -ФДГ:

- діагностика первинної пухлини (обмежене застосування);
- визначення наявності та поширеності метастатичного процесу в лімфатичних вузлах;
- діагностика віддалених метастазів;
- оцінка ефективності лікувальних заходів;
- вибір оптимальних полів опромінення при плануванні променевої терапії;
- своєчасна діагностика рецидивів при динамічному спостереженні за хворими.

Практичне використання цієї інформації допоможе ефективно організувати функціонування центру ПЕТ у закладі охорони здоров'я, практичним лікарям-клініцистам більш ефективно проводити процедуру ПЕТ/КТ-обстеження пацієнтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мечев Д.С., Щербіна О.В. Клініко-методичні аспекти позитронної емісійної томографії // Радіологічний вісник – 2013. – № 3. – С. 35-36.
2. Щербіна О.В., Кметюк Я.В., Москалець О.І., Ашихмін А.В. ПЕТ-КТ в Україні: перший досвід // Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П.Л. Шупика. – К., 2013. – Вип. 22. – С. 365–369.
3. Щербіна О.В., Кметюк Я.В. Сучасні тенденції розвитку радіонуклідної діагностики в Україні // Радіологічний вісник. – 2014. – №4. – С. 17-20.

4. *Clinical Nuclear Medicine* / Eds. G. Cook, M. Maisey, K. Britton, V. Chengazy. – London: Hodder Arnold, 2006. – 915 p.

5. *PET and PET/CT: a clinical guide* / Eds. Eugene C. Lin, Abass Alavi. – 2009. – 297 p.

6. Shreve P., Townsend D. (Eds). *Clinical PET-CT in Radiology. Integrated Imaging in Oncology*. – New York: Springer, 2011. – 437 p.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА КЛІНІЧНІ АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ПЕТ/КТ-ОБСТЕЖЕННЯ З ^{18}F -ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗОЮ

О.В. Щербіна, Я.В. Кметюк

Резюме. Розглянуто організаційні аспекти проведення ПЕТ/КТ-обстеження з ^{18}F -фтордезоксиглюкозою. Описано етапи обстеження хворих. Наведено показання для проведення ПЕТ/КТ з ^{18}F -фтордезоксиглюкозою в онкологічній практиці.

Ключові слова: позитронна емісійна томографія, ПЕТ/КТ, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза, онкологія.

Организационные и клинические аспекты проведения

ПЭТ/КТ-ОБСЛЕДОВАНИЯ С ^{18}F -ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗОЙ

О.В. Щербина, Я.В. Кметюк

Резюме. Рассмотрены организационные аспекты проведения ПЭТ/КТ-обследования с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. Описаны этапы обследования больных. Приведены показания для проведения ПЭТ/КТ с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой в онкологической практике.

Ключевые слова: позитронная эмиссионная томография, ПЭТ/КТ, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза, онкология.

ORGANIZATION AND CLINICAL ASPECTS OF PET/CT INVESTIGATIONS WITH ^{18}F -FLUORODESOXYGLUCOSE

O.V. Shcherbina, Ya.V. Kmetiyuk

Summary. The organizations aspects of PET/CT investigations with ^{18}F -fluorodesoxyglucose are considered. The stages of investigations of patients are described. A testimony is resulted for conducting of PET/CT with ^{18}F -fluorodesoxyglucose in oncological practice.

Keywords: positron emission tomography, PET/CT, ^{18}F -fluorodesoxyglucose, oncology.

