

## Лекції/Лекции

УДК: 616 — 073.916

**ПОЗИТРОННА ЕМІСІЙНА ТОМОГРАФІЯ — ТЕОРЕТИЧНІ ТА КЛІНІЧНІ АСПЕКТИ***Мечев Д.С., Щербіна О.В.**Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, м. Київ*

Останнім часом в світі інтенсивно розвивається і широко впроваджується в клінічну практику позитронна емісійна томографія (ПЕТ) [1, 2, 4]. Україна не стоїть осторонь цього процесу. Введено в експлуатацію в місті Києві Центр ядерної медицини, оснащений новітньою апаратурою, в тому числі і позитронними емісійними томографами.

Позитронна емісійна томографія базується на мітці молекул, відповідальних за специфічні метаболічні процеси. Використовують ультракороткоживучі радіонукліди (позитронні випромінювачі), що дозволяють отримати зображення метаболічних змін. Метод позитронної емісійної томографії базується на використанні властивості ядерної нестабільності ізотопів з надлишком протонів. Під час переходу ядра в стабільний стан воно випромінює позитрон, пробіг якого закінчується зіткненням з орбітальним електроном і анігіляцією, в результаті якої виникають два гамма-кванта, що рухаються в діаметрально протилежних напрямках, і мають енергію 511 кеВ. Гамма-кванти можна зареєструвати за допомогою системи детекторів. Якщо два діаметрально протилежні детектори одночасно зареєструють сигнал, то можна стверджувати, що точка анігіляції знаходиться на лінії, що з'єднує детектори. Підключивши детектори до електронної схеми збігів, яка спрацьовує тільки при появі сигналів від обох детекторів, можна зафіксувати положення цієї лінії. Для визначення координат позитронвипромінюючого джерела коліматори не потрібні. Ця властивість ПЕТ набула назви "електронної колімації". Завдяки цьому чутливість ПЕТ на 1-2 порядки вище в порівнянні з ОФЕКТ. Такий виграв в чутливості дозволяє досягти більшої статистичної достовірності при реконструкції зображень.

Позитронна емісійна томографія дає загальну і регіонарну інформацію про метаболізм. ПЕТ — дуже чутливий, неінвазивний метод для вивчення біохімічних і молекулярних процесів в живому організмі, при цьому не його фізичних властивостей. При різноманітних захворюваннях в більшості випадків порушення метаболізму передують морфологічним, таким, що відображаються структурними методами візуалізації, такими як ультразвукове дослідження (УЗД), комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ).

Для функціонування ПЕТ-центру необхідно мати циклотрон (для напрацювання позитронвипромінюючих радіонуклідів), біосинтезатор (для мітки різноманітних сполук радіонуклідами), лабораторію контролю якості радіофармпрепаратів (РФП) і позитронний емісійний томограф для проведення досліджень пацієнтів. Придат-

ними для ПЕТ є такі радіонукліди як фтор-18, ксень-15, вуглець-11, азот-13, рубідій-82, галій-68 та інші. Найчастіше використовують радіофармпрепарат 18F-фтордезоксиглюкозу (18F-ФДГ). Він зручний як з точки зору завдань, що вирішуються ПЕТ з використанням цього препарату, так і з погляду на зручний період напіврозпаду (110 хвилин). Цей РФП можна синтезувати в центрі, де є медичний циклотрон, а потім транспортувати в довколишні клініки, де циклотрон відсутній, але є позитронні емісійні томографи. Це так звана сателітна схема роботи ПЕТ-центрів. Завдяки такій схемі роботи позитронна емісійна томографія стає доступнішою і економічнішою.

Найбільш істотний недолік ПЕТ з 18F-ФДГ — недостатня специфічність в результаті близьких значень швидкості утилізації глюкози в пухлинах і деяких незлоякісних утвореннях (запальних вогнищах і ін.). Лімітуючим чинником для чутливості методу є розрізнявальна здатність. Доцільне використання комбінованих (гібридних) апаратів, які забезпечують анатомічну прив'язку, якісне і швидке трансмісійне коригування зображень [3]. Клінічні дані свідчать, що ПЕТ-КТ має переваги перед ПЕТ і КТ, проведені окремо. Протокол дослідження для ПЕТ-КТ:

1. Дослідження проводиться натщесерце.
2. Прийом пацієнтом розчинного йодованого контрасту (1000 мл) за 1 годину до дослідження. Додатково — 200 мл контрасту безпосередньо перед дослідженням для контрастування шлунка і дванадцятипалої кишки.
3. Ін'єкція 18F-ФДГ.
4. Пацієнт в лежачому, розслабленому положенні мінімум 20 хвилин.
5. Спорожнення сечового міхура безпосередньо перед дослідженням.
6. Топограма.
7. Низькодозова КТ (від голови до дна тазу). Дані трансмісійних вимірювань використовуються для корекції ослаблення.
8. ПЕТ-дослідження.
9. КТ з контрастним підсиленням. КТ-протоколи мають бути пристосовані до конкретних завдань.
10. Суміщення зображень апаратними методами і інтерпретація результатів.

Шляхи зниження променевого навантаження:

- виконання тільки ПЕТ, якщо не потрібно уточнювати діагноз за допомогою КТ;
- використовувати тільки низькодозову КТ (для корекції ослаблення і анатомічної прив'язки);
- використовувати низькодозову КТ і попередні комп'ютерні томограми (з контрастуванням), якщо це можливо;
- не робити окремо низькодозову КТ, якщо вво-

дитиметься контраст (неприйнятно при дослідженнях фармакокінетики);

- наскільки можливо, зменшити довжину сканування, якщо відоме вогнище (особливо при моніторингу терапії);
- оптимізація КТ-сканування (зниження струму трубки, використання адаптивної фільтрації — зниження шуму без втрат просторового розрізнення).

ПЕТ має найбільше значення в онкології (більше 80% всіх досліджень), кардіології, неврології [5, 6]. Показання для проведення позитронної емісійної томографії з 18F-ФДГ в онкологічній практиці:

- визначення поширеності процесу;
- оцінка ступеня злоякісності;
- оцінка ефективності лікування;
- своєчасна діагностика рецидивів;
- прогностичний тест [7].

Показання для проведення ПЕТ для окремих органів і систем в онкологічній практиці:

#### 1. Пухлини голови і шиї.

- Диференціальна діагностика злоякісного і доброякісного процесу.
- Виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли.
- Виявлення віддалених метастазів.
- Визначення рецидиву пухлини.

#### 2. Пухлини щитовидної залози.

- Диференційована карцинома: визначення стадії пухлини.
- Медулярна карцинома: визначення стадії пухлини.

#### 3. Пухлини неясної локалізації (при виявлених віддалених метастазах).

- Локалізація первинної пухлини.
- 4. Рак легені.
- Недрібноклітинний рак: виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли, виявлення віддалених метастазів, визначення рецидиву пухлини.
- Диференціальна діагностика злоякісного і доброякісного процесу при одиночному вузлі в легені.

#### 5. Рак молочної залози.

- Виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли.
- Виявлення віддалених метастазів.
- Оцінка ефективності терапії.
- 6. Рак стравоходу і шлунку.
- Виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли.
- Виявлення віддалених метастазів.

#### 7. Рак товстої кишки.

- Виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли.
- Виявлення віддалених метастазів.
- Визначення рецидиву пухлини.

#### 8. Рак підшлункової залози.

- Виявлення віддалених метастазів.
- 9. Лімфоми (хвороба Ходжкіна і неходжкінські лімфоми).

- Визначення стадії захворювання.

- Оцінка ефективності терапії.

- Визначення рецидиву.

#### 10. Меланома.

- Виявлення метастазів в регіонарні лімфовузли при індексі Бреслоу більше 1,5 мм.
- Виявлення віддалених метастазів при індексі Бреслоу більше 1,5 мм.

- Визначення рецидиву.

#### 11. Пухлини кісток і м'яких тканин.

- Диференціальна діагностика доброякісних і злоякісних пухлин.

- Виявлення віддалених метастазів.

#### 12. Пухлини сечостатевої системи.

- Виявлення віддалених метастазів.

#### 13. Пухлини головного мозку.

- Уточнення пухлинного генезу осередкового утворення головного мозку.

- Визначення точних меж і розмірів пухлини при неясних КТ або МРТ даних.

- Визначення ступеня злоякісності пухлин.

- Вибір мішені для стереотаксичної біопсії.

- Оцінка радикальності видалення пухлини.

- Диференціальна діагностика між продовженим ростом пухлини і променевою ураженням.

- Моніторинг ефективності променевого і хіміотерапевтичного лікування.

Необхідне впровадження позитронної емісійної томографії в клінічну практику та ефективна комбінація з іншими методами променевої діагностики.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Позитронная эмиссионная томография. Возможности клинического использования // (Солодянникова О.И., Сукач Г.Г., Северин Ю.П., Войт Н.Ю.) // Променева діагностика, променева терапія. Науково-практична конференція "Актуальні питання використання сучасного рентгенологічного обладнання". Наукові статті та тези доповідей. — К., 2007. — С. 59 — 65.
2. Радионуклідная диагностика /Под ред. Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. — Томск: STT, 2004. — 394 с.
3. Совмещенная позитронно-эмиссионная и компьютерная томография (ПЭТ-КТ) в онкологии / (Труфанов Г.Е., Рязанов В.В., Дергунова Н.И. и др.). — СПб: "ЭЛБИ-СПб", 2005. — 105 с.
4. Щербина О.В. Современные методы лучевой диагностики — однофотонная эмиссионная компьютерная томография и позитронная эмиссионная томография /О.В. Щербина //Международный медицинский журнал. — 2007. — Т. 13, №1. — С. 108 — 116.
5. Clinical Nuclear Medicine /Eds. G. Cook, M. Maisey, K. Britton, V. Chengazy. — London: Hodder Arnold, 2006. — 915 p.
6. Nuclear Oncology: diagnosis and therapy/Eds. I. Khalkhaly, J. Maublant, S. Goldsmith. — Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001. — 563 p.
7. Schiepers C. Positron emission tomography as a diagnostic tool in oncology /C. Schiepers, C. Hoh //European Radiology. — 1998. — Vol. 8, №8. — P. 1481 — 1494.

**РЕЗЮМЕ.** Рассмотрены теоретические аспекты и роль современного метода ядерной медицины — позитронной эмиссионной томографии. Описаны преимущества комбинированных диагностических аппаратов ПЭТ-КТ. Приведены показания для проведения ПЭТ с 18F-фтордезоксиглюкозой в онкологической практике.

**Ключевые слова:** позитронная эмиссионная томография, позитронизирующие радиофармпрепараты, 18F-фтордезоксиглюкоза, онкология.

**SUMMARY.** The theoretical basis and role of modern method of nuclear medicine — positron emission tomography are considered. The role of hybride apparatus is described. A testimony is resulted for conducting of PET with 18F-fluorodesoxyglucose in oncological practice.

**Key words:** positron emission tomography, positronemission tracers, 18F-fluorodesoxyglucose, oncology.