

## **Позитронно-эмиссионная томография с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ)**

**Jonas Francisco Y. Santiago**

# **Positron Emission Tomography with Computed Tomography (PET/CT)**

**Jonas Francisco Y. Santiago**

Department of Nuclear Medicine  
and PET Center  
St. Luke's Medical Center  
Taguig City, MM  
Philippines

**Springer**

Cham Heidelberg New York Dordrecht London

**Джонас Франсиско И. Сантьяго**

# **Позитронно- эмиссионная томография с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ)**

Перевод с английского

**Пашков А. А.**



Москва  
2017

УДК 616-073.756.8

ББК 53.6

С18

**Джонас Франсиско И. Сантьяго**

С18 Позитронно-эмиссионная томография с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ). — М.: Издательство Панфилова, 2017. — 144 с.: илл.

ISBN 978-5-91839-086-3

Книга представляет собой учебное пособие, в котором приведены интересные случаи из десятилетней практики автора в качестве руководителя клинического Центра ПЭТ. Целью книги является интерпретация ПЭТ-изображений при редких заболеваниях и нетипичном течении распространенных заболеваний.

Книга будет полезна как начинающим, так и опытным врачам, которые в своей практике обычно встречаются только с распространенными заболеваниями.

УДК 616-073.756.8

ББК 53.6

Translation from the English language edition:  
*Positron Emission Tomography with Computed Tomography (PET/CT)*  
by Jonas Francisco Y. Santiago  
Copyright © Springer International Publishing Switzerland 2015  
This Springer imprint is published by Springer Nature  
The registered company is Springer International Publishing AG, CH  
All Rights Reserved

ISBN 978-5-91839-086-3

© Редакционно-издательское оформление,  
перевод на русский язык  
ООО «Издательство Панфилова», 2017

# Предисловие

В этом учебном пособии наглядно продемонстрированы возможности применения гибридных молекулярных методов лучевой диагностики для обследования пациентов с различными заболеваниями. В основу книги лег личный опыт доктора Сантьяго, полученный в Медицинском центре Св. Луки. И крайне важно, что благодаря стараниям автора его знания станут доступны специалистам и будут способствовать внедрению в широкую практику данного метода диагностики, что позволит повысить эффективность лечения пациентов. Заслуживает одобрения стремление автора использовать наиболее эффективные способы для установления точного диагноза, тщательной оценки результатов терапии и раннего обнаружения рецидивов заболевания. При этом по данным многочисленных исследований было показано, что благодаря ранней и точной диагностике заболеваний и возможности выбора подходящей тактики лечения польза от применения данного метода диагностики превосходит крупные затраты, связанные с проведением обследования.

Большинство глав данной книги посвящено редким и нетипичным случаям. Особенно это важно для врачей, сталкивающихся в своей практике с различными типами злокачественных и доброкачественных опухолей, а также инфекционными заболеваниями, при которых характер поглощения ФДГ может отличаться от ожидаемого. Также в конце каждой главы автор приводит список литературы, с тем чтобы у читателей была возможность глубже изучить вопросы, описанные в данном учебном пособии. Доктор Сантьяго и г-н Ledesma, которых я знаю лично, стояли у истоков внедрения данного метода диагностики на Филиппинах, причем в то время их инициативу считали безрассудной. Благодаря им лечащие врачи получили возможность использовать в своей практике методы лучевой диагностики, доступные лишь передовым медицинским учреждениям. Это позволило не только повысить эффективность лечения пациентов, но и обеспечить подготовку специалистов, осведомленных о достижениях в области молекулярной визуализации и о ее преимуществах. Умение применять данный метод визуализации имеет большое значение для врача лучевой диагностики. Во всем мире пациентов со злокачественными опухолями лечит не один врач, как прежде, а множество врачей различных специальностей. А поскольку обследование таких пациентов не обходится без ФДГ-ПЭТ/КТ, то немаловажную роль в этом процессе играет врач лучевой диагностики. В настоящее время врачу не нужно выбирать между традиционными методами лучевой диагностики, выявляющими анатомические особенности,

и методами медицинской радиологии, которые отражают функциональные особенности. Будущее за врачами, которые владеют и теми, и другими методами диагностики, поскольку им отведена важная роль в оказании эффективной помощи пациентам не только со злокачественными опухолями, но и другими заболеваниями.

Данное учебное пособие послужит надежным подспорьем для всех врачей в деле оказания эффективной помощи своим пациентам. Я настоятельно рекомендую данную книгу всем практикующим и обучающимся врачам, которые в своей работе могут столкнуться с необходимостью назначения правильного лечения правильному пациенту в правильное время.

*Гомер А. Макапинлак*

Подразделение лучевой диагностики

Отделение медицинской радиологии

Онкологический центр им. М. Д. Андерсона

при Техасском Университете

Хьюстон, штат Техас, США

Подразделение лучевой диагностики

Отделение методов визуализации злокачественных опухолей

Онкологический центр им. М. Д. Андерсона

при Техасском Университете

Хьюстон, штат Техас, США

# От автора

В настоящее время область медицинской радиологии на Филиппинах переживает расцвет: в течение года будет открыто множество центров позитронно-эмиссионной томографии. И я считаю, что на пионеров в этой области возложена ответственность за дальнейшее развитие данного направления диагностики, с тем чтобы будущие поколения могли воспользоваться плодами нашей работы. Этого можно достигнуть лишь благодаря стараниям самоотверженных и благородных ученых, которые желают, чтобы их открытия были опубликованы и стали известны всему миру, чтобы принести пользу другим. Так родилась идея написать эту книгу. Она представляет собой сборник наиболее интересных и уникальных с точки зрения моего опыта обучающихся ПЭТ-изображений, которые мне приходилось описывать и интерпретировать в течение 10 лет работы в Медицинском центре Св. Луки.

Целью данной книги не было научить читателя интерпретировать ПЭТ-изображения, поэтому для каждого случая представлено лишь ограниченное их количество, отражающее конкретное заболевание. Напротив, книга предназначена для того, чтобы дать понять читателю, как новичку, так и эксперту, что при кажущейся простоте случая результат сканирования может быть интерпретирован по-разному. Для удобства Читателя книга построена из глав, объединяющих случаи с общей тематикой. Поскольку врач может попасть в ситуацию, когда к концу дня от него будут настойчиво требовать представить заключение, данная структура книги позволит облегчить поиск аналогичных случаев.

Особую благодарность я хочу выразить моим коллегам: Raymund Conlu, Gerard Goco и Patricia Bautista за рецензирование моей рукописи. Также я хочу поблагодарить врачей-радиологов: Juanito Olpindo, Eric Cruz, Jefferson Pagsisihan, Emelyn De Jesus, Enrique Ote, Dennis De Leon, Eduardo Ongkeko, Cynthia Liao, Elyzel Puguon, Jamilla Gomez, Susan Camomot, Allan Domingo, Marlon Fetalvo, Janet Mea, Joel Mendoza, Masoud Elgadafi, Morteza Barai, Angelin Apostol, Christine Gruenberg и Karina Dela Cruz-Del Mundo. Они занимались поиском множества литературных источников, на которые в тексте даются ссылки. Я выражаю признательность г-же Peachy Domingo и Bryan Cyril Jacalne, сыгравшим ключевую роль в поиске множества выданных мною заключений, некоторые из которых были сделаны более 10 лет назад. Я хочу поблагодарить Bernard Laya и Irma Kintanar, анализировавших КТ-изображения, и Glenda Y. Pua, изучавшую некоторые гистологические препараты. Наконец, хочу выразить благодарность г-ну Jose

F.G. Ledesma — настоящему «отцу» позитронно-эмиссионной томографии на Филиппинах. Без его смелости и умения видеть перспективу, что позволили установить первый в Юго-восточной Азии аппарат ПЭТ для клинических целей, эта книга не была бы написана.

Манила, Филиппины

*Джонатан Франсиско И. Сантьяго*

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	1
<b>2</b>	<b>Головной мозг</b>	3
2.1	X-сцепленная дистония-паркинсонизм	3
2.1.1	Полезная информация	3
2.2	Абсцесс головного мозга	4
2.2.1	Полезная информация	4
2.3	Выявление метастазов при ФДГ-ПЭТ в рамках протокола исследования головного мозга с длительным сканированием	6
2.3.1	Полезная информация	8
2.4	Рефрактерная эпилепсия	8
2.4.1	Полезная информация	9
2.5	Болезнь Альцгеймера	10
2.5.1	Полезная информация	10
	Список литературы	11
<b>3</b>	<b>Диагноз поставлен по данным ПЭТ</b>	13
3.1	Нозофарингеальный рак как объемное образование шеи	13
3.1.1	Полезная информация	13
3.2	Биопсия под контролем ПЭТ для выявления первичной опухоли	14
3.2.1	Полезная информация	15
3.3	Инциденталомы щитовидной железы	16
3.3.1	Полезная информация	17
3.4	SUV < 2,5 не всегда свидетельствует о доброкачественности опухоли	18
3.4.1	Полезная информация	18
3.5	Сочетание рака щитовидной железы и рака легкого	19
3.5.1	Полезная информация	20
3.6	Гепатоцеллюлярная карцинома	21
3.6.1	Полезная информация	22
3.7	Некоторые метастазы в костях могут быть не видны при остеосцинтиграфии, но видны при ПЭТ-сканировании	22
3.7.1	Полезная информация	25
	Список литературы	25
<b>4</b>	<b>Туберкулез</b>	28
4.1	Болезнь Потта (туберкулезный спондилит)	28
4.1.1	Полезная информация	28
4.2	Диссеминированный туберкулез выглядит как распространенные метастазы	29
4.2.1	Полезная информация	30

4.3	На фоне лечения глюкокортикоидами может развиваться туберкулез легких. . . . .	30
4.3.1	Полезная информация. . . . .	32
4.4	Обратное развитие туберкулеза легких. . . . .	33
4.4.1	Полезная информация. . . . .	34
	Список литературы. . . . .	34
<b>5</b>	<b>Воспалительные изменения</b> . . . . .	<b>36</b>
5.1	Лимфаденопатия Кикучи–Фуджимото. . . . .	36
5.1.1	Полезная информация. . . . .	36
5.2	Интенсивное поглощение ФДГ при ревматоидном артрите активного течения . . . . .	37
5.2.1	Полезная информация. . . . .	38
5.3	Артериит Такаюсу. . . . .	39
5.3.1	Полезная информация. . . . .	39
5.4	Парапротезная инфекция . . . . .	40
5.4.1	Полезная информация. . . . .	40
5.5	Инъекции силикона для увеличения груди . . . . .	42
5.5.1	Полезная информация. . . . .	42
5.6	Заживление вторичным натяжением . . . . .	43
5.6.1	Полезная информация. . . . .	44
5.7	Абсцесс печени у пациентки с раком молочной железы . . . . .	45
5.7.1	Полезная информация. . . . .	45
5.8	При отсроченном исследовании не всегда можно дифференцировать воспалительные очаги от очагов злокачественной опухоли. . . . .	46
5.8.1	Полезная информация. . . . .	46
5.9	Реактивная гиперплазия лимфатических узлов при липосаркоме . . . . .	47
5.9.1	Полезная информация. . . . .	48
	Список литературы. . . . .	49
<b>6</b>	<b>Редкие или атипичные первичные злокачественные опухоли</b> . . . . .	<b>51</b>
6.1	Злокачественная параангиома и накопление РФП бурым жиром. . . . .	51
6.1.1	Полезная информация. . . . .	51
6.2	Нейрофиброматоз I типа (болезнь Фон Реклингхаузена). . . . .	53
6.2.1	Полезная информация. . . . .	54
6.3	Злокачественная шваннома периферического нерва . . . . .	55
6.3.1	Полезная информация. . . . .	56
6.4	Обращайте внимание на небольшие участки слабовыраженного гиперметаболизма при ПНЭО . . . . .	56
6.4.1	Полезная информация. . . . .	57
6.5	Нейроэндокринные опухоли легких . . . . .	58
6.5.1	Полезная информация. . . . .	58
6.6	Мониторинг хордомы крестца посредством ФДГ-ПЭТ . . . . .	59
6.6.1	Полезная информация. . . . .	60
6.7	Фибросаркома щитовидной железы . . . . .	61
6.7.1	Полезная информация. . . . .	61
6.8	Лейомиосаркома нижней полой вены. . . . .	63
6.8.1	Полезная информация. . . . .	64
6.9	Медуллоэпителиома левого глаза. . . . .	64
6.9.1	Полезная информация. . . . .	64

6.10	Результаты ФДГ-ПЭТ при плеоморфной саркоме могут быть сомнительными .....	65
6.10.1	Полезная информация .....	66
6.11	Опухоль из веретенообразных клеток .....	68
6.11.1	Полезная информация .....	68
6.12	Амелобластома .....	68
6.12.1	Полезная информация .....	70
6.13	Холангиокарцинома .....	70
6.13.1	Полезная информация .....	70
6.14	Карцинома из клеток Меркеля .....	71
6.14.1	Полезная информация .....	72
6.15	Низкий уровень поглощения ФДГ при зрелой кистозной тератоме .....	73
6.15.1	Полезная информация .....	74
	Список литературы .....	75
<b>7</b>	<b>Атипичная локализация метастазов .....</b>	<b>79</b>
7.1	Метастазы в сосудистой оболочке глаза .....	79
7.1.1	Полезная информация .....	79
7.2	Метастазы мультиформной глиобластомы .....	80
7.2.1	Полезная информация .....	82
7.3	Интрааренальные и интраваскулярные метастазы рака щитовидной железы .....	82
7.3.1	Полезная информация .....	83
7.4	Опухолевые тромбы .....	83
7.4.1	Полезная информация .....	84
7.5	Канцероматоз брюшины и сальника .....	85
7.5.1	Полезная информация .....	85
7.6	Инфильтрация костного мозга при неходжкинской лимфоме .....	86
7.6.1	Полезная информация .....	87
7.7	Боль в шее может быть обусловлена бронхоальвеолярным раком .....	87
7.7.1	Полезная информация .....	88
7.8	Метастазы вне лимфатических узлов при неходжкинской лимфоме .....	89
7.8.1	Полезная информация .....	91
7.9	Метастазы меланомы .....	91
7.9.1	Полезная информация .....	92
	Список литературы .....	93
<b>8</b>	<b>Что можно пропустить при ПЭТ .....</b>	<b>96</b>
8.1	При скрининге злокачественных опухолей с помощью ФДГ-ПЭТ могут быть получены ложноотрицательные результаты .....	96
8.1.1	Полезная информация .....	97
8.2	При ПЭТ могут быть пропущены небольшие лимфатические узлы с метастазами .....	98
8.2.1	Полезная информация .....	98
8.3	Сомнительные результаты ПЭТ/КТ у пациентов с метастазами рака щитовидной железы в шейных лимфатических узлах .....	100
8.3.1	Полезная информация .....	101

8.4	Ложноотрицательные результаты при бронхиолоальвеолярном раке с метастазами в лимфатических узлах средостения	102
8.4.1	Полезная информация	102
8.5	Выявленное при КТ новообразование в почке можно считать злокачественным, если оно характеризуется низким уровнем поглощения ФДГ	103
8.5.1	Полезная информация	104
8.6	Ложноотрицательные результаты ФДГ-ПЭТ при перибронхиальном метастазе рака предстательной железы	104
8.6.1	Полезная информация	105
8.7	При ПЭТ метастазы рака толстой кишки в легких могут выявляться позже, чем при КТ	106
8.7.1	Полезная информация	106
	Список литературы	108
<b>9</b>	<b>Анатомические и физиологические варианты</b>	<b>110</b>
9.1	Компенсаторное повышение поглощения ФДГ голосовой складкой при параличе контрлатеральной складки	110
9.1.1	Полезная информация	110
9.2	Дифференциальная диагностика гастроэзофагеального «объемного образования» и грыжи пищеводного отверстия диафрагмы посредством КТ	112
9.2.1	Полезная информация	112
9.3	Тазовая дистопия почки	113
9.3.1	Полезная информация	113
9.4	Диффузное поражение костного мозга как признак манифестации острого миелоидного лейкоза	114
9.4.1	Полезная информация	114
9.5	Гипертрофическая остеоартропатия	115
9.5.1	Полезная информация	116
9.6	Иммуносупрессоры могут вызывать повышение уровня поглощения ФДГ мышцами	117
9.6.1	Полезная информация	117
9.7	Костный трансплантат	118
9.7.1	Полезная информация	119
	Список литературы	120
<b>10</b>	<b>Дополнительные методики диагностики посредством ПЭТ</b>	<b>122</b>
10.1	Не забывайте проводить анализ изображений без коррекции аттенуации!	122
10.1.1	Полезная информация	122
10.2	Преимущества использования полнодозной КТ вместо низкодозной для коррекции аттенуации	123
10.2.1	Полезная информация	123
10.3	Иттрий-90 как источник пары позитрон-электрон	124
10.3.1	Полезная информация	125
10.4	Новейший способ диагностики инфекции с помощью лейкоцитов, меченных <sup>18</sup> F	126
10.4.1	Полезная информация	127
	Список литературы	128

## Глава 5

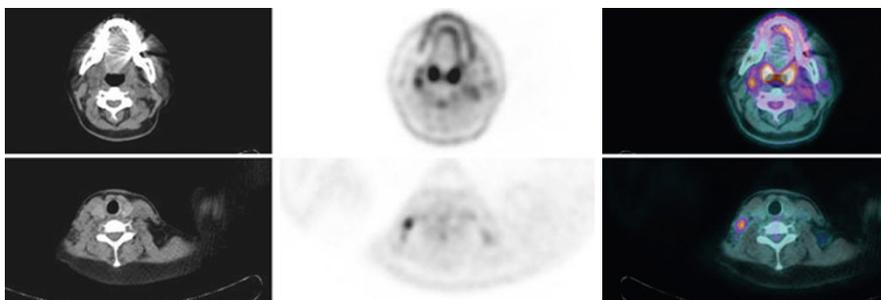
# Воспалительные изменения

### 5.1 Лимфаденопатия Кикучи–Фуджимото

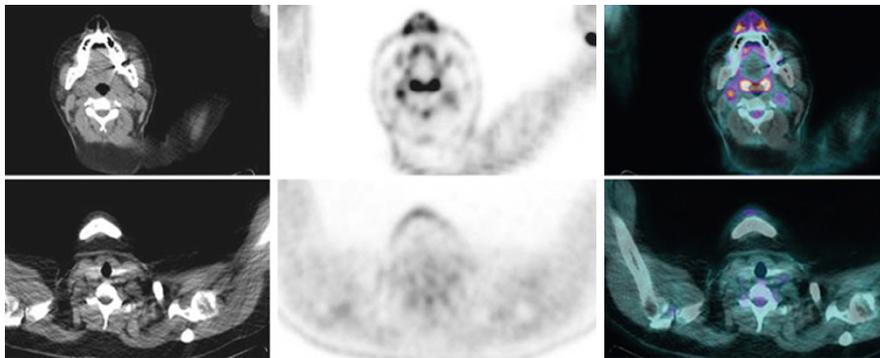
Женщина 40 лет с множественными увеличенными шейными лимфатическими узлами. По данным биопсии узлов определяется некротизирующий гистиоцитарный лимфаденит, указывающий на лимфаденопатию Кикучи–Фуджимото. При первичном ПЭТ/КТ-сканировании выявляется картина гиперметаболизма в увеличенных внутренних яремных и поднижнечелюстных лимфатических узлах справа (рис. 5.1). При контрольной ПЭТ/КТ после курса химиотерапии (через семь месяцев) определяется выраженный регресс лимфаденопатии (рис. 5.2).

#### 5.1.1 Полезная информация

При ПЭТ/КТ картина гиперметаболизма в увеличенных лимфатических узлах не всегда возникает по причине онкологических заболеваний. В одном из исследований среди 543 онкологических больных, у которых выявлялись интенсивно поглощающие ФДГ лимфатические узлы, метастазы в этих узлах были обнаружены только в 23,2% случаев [1].



**Рисунок 5.1** При первичной ПЭТ/КТ женщины 40 лет определяется картина гиперметаболизма в поднижнечелюстном (SUV = 2,7) и верхнем внутреннем яремном (SUV = 4,4) лимфатических узлах справа.



**Рисунок 5.2** Через семь месяцев значение SUV правого поднижнечелюстного лимфатического узла уменьшилось до 1,9, правого яремного—до 1,1.

Болезнь Кикучи–Фуджимото относят к группе доброкачественных лимфопролиферативных заболеваний, встречающихся редко, склонных к самоизлечению и обладающих низким злокачественным потенциалом. Этиология данных заболеваний, предположительно, вирусная или аутоиммунная [2], а сопровождаться они могут шейной лимфаденопатией, лихорадкой и лейкопенией.

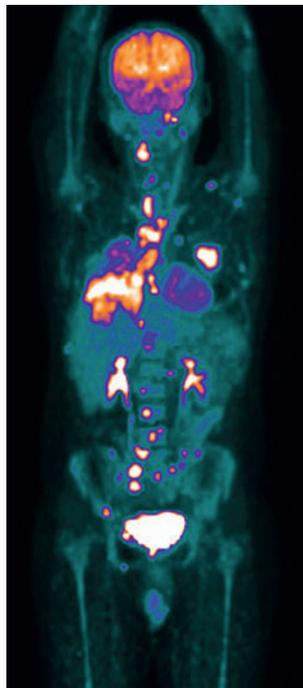
В литературе сообщалось о женщине 36 лет с хориокарциномой, у которой определялась картина гиперметаболизма в шейных и подмышечных лимфатических узлах [3], обусловленная не метастазами первичной опухоли, а болезнью Кикучи.

## 5.2 Интенсивное поглощение ФДГ при ревматоидном артрите активного течения

Мужчина 47 лет с плоскоклеточным раком задних отделов нижней челюсти слева направлен на ПЭТ/КТ с целью стадирования заболевания. Также пациент страдает ревматоидным артритом, по поводу которого получает глюкокортикоиды в течение пяти лет (преднизон). Уровень глюкозы в крови перед введением ФДГ составлял 84 мг/дл (4,7 ммоль/л).

При ПЭТ/КТ определяется повышенный уровень поглощения ФДГ первичной опухолью в нижней челюсти, а также интенсивное накопление РФП во множестве суставов, особенно суставах запястья, локтевых, плечевых, грудино-ключичных суставах, в области угла грудины, суставах позвоночника, бедренных, коленных суставах, суставах кистей и стоп (рис. 5.3). Не выявлено ни одного очага, соответствующего метастазам. Определяется картина умеренного гиперметаболизма в подмышечных и паховых лимфатических узлах, вероятно, вследствие реактивных воспалительных изменений. Шейные лимфатические узлы ФДГ не поглощают.

**Рисунок 5.3** При сканировании определяется картина гиперметаболизма во множестве суставов, особенно суставах запястья, локтевых, плечевых, грудино-ключичных суставах, в области угла грудины, суставах позвоночника, бедренных, коленных суставах, суставах кистей и стоп. Также выявляется картина гиперметаболизма воспалительной природы в подмышечных и паховых лимфатических узлах.

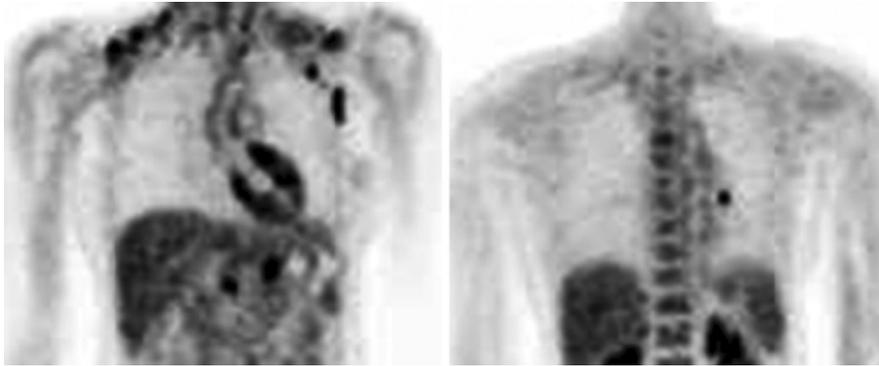


### 5.2.1 Полезная информация

Ревматоидный артрит (РА) представляет собой хроническое системное заболевание, при котором в периферических суставах, как правило, симметричных, развивается персистирующий синовит. Заболевание характеризуется разрушением суставного хряща, костными эрозиями и развитием дисфункции сустава [4]. Несмотря на то что в некоторых случаях РА характеризуется легким течением, обычно заболевание приводит к выраженным функциональным нарушениям.

Повышенный уровень поглощения ФДГ при воспалении может быть обусловлен миграцией активированных лейкоцитов (гранулоцитов, лимфоцитов и макрофагов). Было показано, что для данных клеток характерна более высокая активность транспортеров глюкозы (GLUT 3, GLUT 1), что приводит к усилению поглощения ФДГ [5]. В одном из исследований было установлено, что большинство доброкачественных очагов (>73%) атипично накапливают ФДГ вследствие активного течения инфекции, наличия послеоперационных гранул или остеоартрита [6].

Также было показано, что терапия глюкокортикоидами может приводить к понижению интенсивности поглощения ФДГ при воспалении, однако, несмотря на незначительное повышение уровня глюкозы в крови, на уровень поглощения ФДГ опухолью данная терапия не влияет [7].



**Рисунок 5.4** При ПЭТ определяется повышенный уровень поглощения ФДГ 2 степени (соответствует уровню поглощения в печени) в восходящем и нисходящем отделах аорты и обеих сонных артериях. Интенсивное поглощение ФДГ в надключичной области обусловлено бурым жиром. На рисунке справа очаг, прилежащий к нисходящей аорте, может отражать накопление ФДГ лимфатическим узлом.

## 5.3 Артериит Такаясу

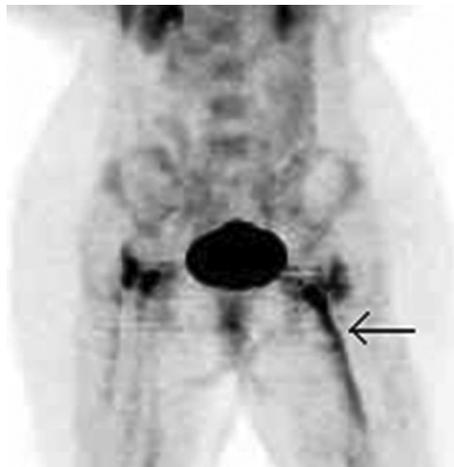
Женщина 26 лет, страдающая артериитом Такаясу в течение трех лет и принимающая преднизон и азатиоприн, жалуется на слабость в верхних и нижних конечностях. ПЭТ назначена с целью определения активности заболевания. При исследовании определяется повышенный уровень поглощения 2 степени в восходящем и нисходящем отделах аорты и обеих сонных артериях (рис. 5.4).

### 5.3.1 Полезная информация

Артериит Такаясу (АТ) проявляется гранулематозным воспалением крупных и средних артерий, которое приводит к фиброзу и разрушению эластической мембраны. Результатом чего становится стеноз и дилатация аорты и ее ветвей, а также формирование в них аневризм [8]. Крайне важно выявлять данное заболевание еще на ранней стадии, чтобы избежать развития осложнений. Обычно диагностика основывается на данных ангиографии, МРТ и клинических проявлениях, чего может быть недостаточно для постановки диагноза на ранних этапах [9]. Стандартом лечения заболевания является применение иммуносупрессивных препаратов, которое само по себе может приводить к развитию осложнений (см. раздел 4.3).

В одном из исследований было показано, что ФДГ-ПЭТ характеризуется высокой чувствительностью и специфичностью не только при выявлении ТА, но и при оценке эффективности лечения [10]. Уровень поглощения ФДГ артериями может быть классифицирован относительно уровня поглощения ФДГ печенью: 0 степень — отсутствие поглощения, 1 степень — слабее, чем в печени,

**Рисунок 5.5** Женщина 30 лет с прогрессирующими болями в левом бедре, перенесшая пять лет назад тотальное эндопротезирование обоих тазобедренных суставов. При ПЭТ определяется картина гиперметаболизма в области шейки и вдоль медиальных отделов тела левого эндопротеза (стрелка).



2 степень — соответствует уровню поглощения в печени, 3 степень — интенсивнее, чем в печени. Уровень поглощения 2 и 3 степени указывает на активное течение заболевания [11]. Таким образом, результаты ФДГ-ПЭТ могут служить ориентиром для выбора тактики лечения пациента.

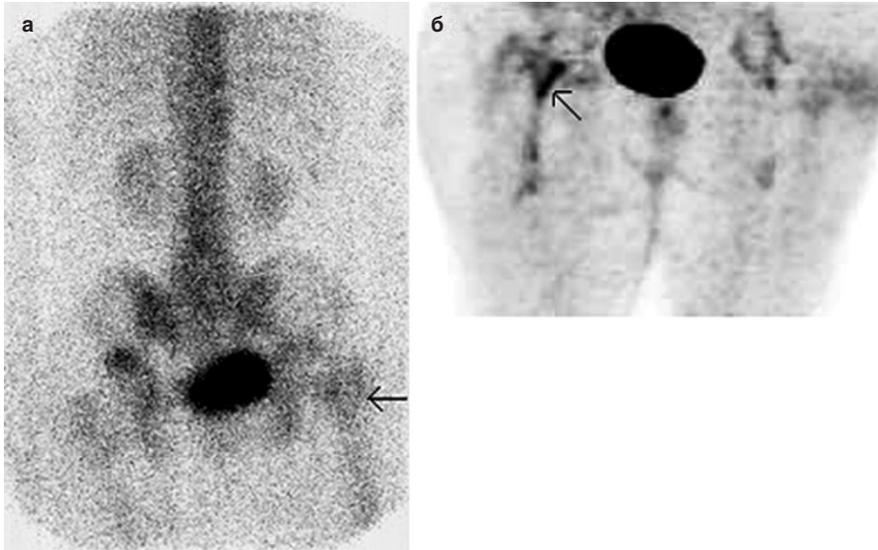
## 5.4 Парапротезная инфекция

В начале моей практической деятельности я был удивлен тем, что довольно много хирургов-ортопедов в нашей больнице знало о возможности применения ФДГ-ПЭТ для диагностики парапротезной инфекции. В первом случае женщина 30 лет, перенесшая пять лет назад тотальное эндопротезирование обоих тазобедренных суставов, обратилась с жалобами на прогрессирующие боли в левом бедре. При ФДГ-ПЭТ (рис. 5.5) определяется картина гиперметаболизма в области шейки ( $SUV = 9,1$ ) и вдоль медиальных отделов тела левого эндопротеза ( $SUV = 5,6$ ).

Во втором случае женщина 74 лет обратилась с жалобами на боли в правом бедре. При остеосцинтиграфии определялись зоны выраженной диффузной остеобластической активности в правой бедренной кости и малом вертеле (рис. 5.6, а). Также выявлялся очаг повышенного накопления в верхних отделах вертлужной губы слева. При ПЭТ определялось интенсивное поглощение РФП в области, прилежащей к медиальным отделам правого эндопротеза, протяженностью от шейки до дистальных его отделов (рис. 5.6, б).

### 5.4.1 Полезная информация

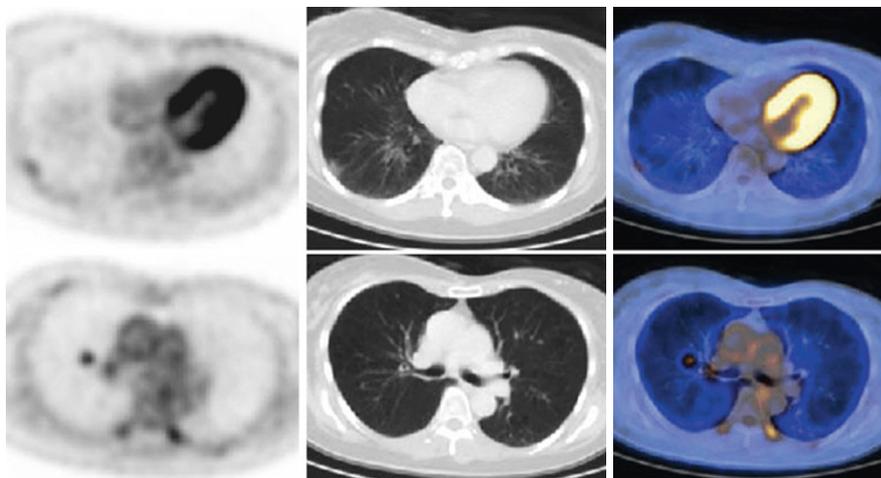
Со времен создания первых эндопротезов диагностика их нестабильности или развития парапротезной инфекции представляет непростую задачу для



**Рисунок 5.6** При остеосцинтиграфии (а) женщины 74 лет по поводу жалоб на боли в правом бедре определяются зоны диффузной остеобластической активности в правой бедренной кости и малом вертеле (стрелка). При ПЭТ (б) визуализируется интенсивное поглощение РФП в области, прилежащей к медиальным отделам правого эндопротеза (стрелка), протяженностью от шейки до дистальных его отделов.

хирургов-ортопедов. Для этих целей при остеосцинтиграфии с переменным успехом применялось множество радиофармпрепаратов. И хотя точность диагностики с использованием  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP, серного коллоида  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$  или индия-111 в качестве метки лейкоцитов достаточно высока [12], проведение множества последовательных тестов в течение длительного времени (до 24 ч) затруднительно. По этой причине появилась потребность в создании более удобного метода диагностики парапротезной инфекции.

Благодаря тому, что на КТ-изображения накладывается более интенсивный сигнал от позитрон-эмиттирующих радионуклидов, которые селективно поглощаются очагами инфекции, ПЭТ/КТ изначально обладает более высоким пространственным разрешением, позволяющим получать более детальные изображения. Было показано, что при диагностике парапротезной инфекции тазобедренного и коленного суставов чувствительность и специфичность ФДГ-ПЭТ составляет 90% и 81% соответственно, при этом более эффективна, по-видимому, диагностика инфекции тазобедренного сустава [13]. Если область поглощения ФДГ ограничена головкой или шейкой эндопротеза, более вероятно развитие его нестабильности, в то время как распространение области поглощения на всю длину эндопротеза говорит о наличии инфекции.



**Рисунок 5.7** При ПЭТ/КТ на аксиальных срезах определяются дольчатый узелок в нижней доле правого легкого вдоль плевры и гиперметаболические очаги в верхней доле (SUV 3,2) и корне (SUV 2,6) правого легкого.

## 5.5 Инъекции силикона для увеличения груди

Женщине 73 лет, страдающей мелкоклеточным раком правого легкого, после курса химиотерапии выполнена ПЭТ/КТ для оценки эффективности лечения.

По данным сканирования по сравнению с результатами предыдущей КТ определяется выраженный регресс очагов в легком с наличием остаточных изменений. В нижней доле правого легкого вдоль плевры выявляется дольчатый узелок размером 1,5 см, SUV = 3,0 (рис. 5.7). Также в правом легком выявляются два гиперметаболических очага в верхней доле (SUV 3,2) и корне (SUV 2,6).

В правой молочной железе визуализируются множественные кальцифицированные узелки, слабо поглощающие ФДГ (SUV 1,6). В левой молочной железе определяется повышенный уровень поглощения ФДГ (SUV до 4,0) (рис. 5.8). Позже выяснилось, что пациентке 30 лет назад проводились инъекции силикона в молочные железы.

### 5.5.1 Полезная информация

Производить инъекции силикона с целью увеличения или улучшения формы, например, груди или ягодиц начали в 60-х годах XX века, когда отрицательные отдаленные результаты данной процедуры еще не были известны. Позже было показано, что после инъекции силикона у женщин через много лет грудь становилась чувствительной, твердой и бугристой, что затрудняло физикальный ее осмотр и оценку данных маммографии [14]. Несмотря на то, что эта про-

## Глава 7

# Атипичная локализация метастазов

### 7.1 Метастазы в сосудистой оболочке глаза

Женщине 77 лет 28 лет назад был поставлен диагноз рак молочной железы, по поводу которого она прошла курс химиотерапии и лучевой терапии. Несмотря на проводимое лечение, через 21 год были обнаружены метастазы опухоли в легких и левом надпочечнике.

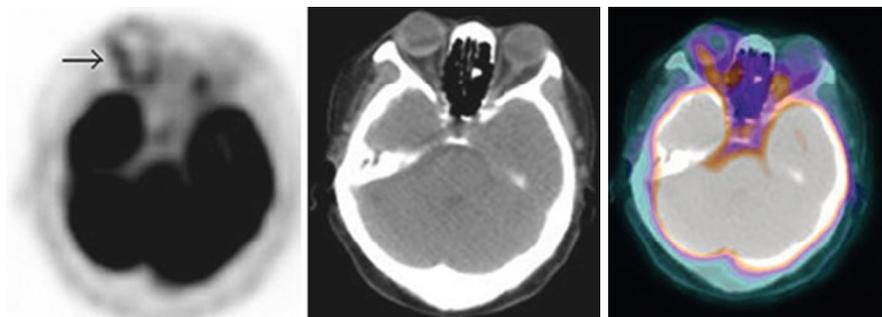
ПЭТ/КТ была назначена с целью определения эффективности терапии. При сканировании определяется линейный участок повышенного поглощения ФДГ в височных и задних отделах правого глазного яблока (SUV 4,9), гиперденсный при КТ (рис. 7.1). В заднемедиальных отделах левого глазного яблока также визуализируется фокус повышенного накопления РФП, соответствующий физиологическому уровню поглощения ФДГ глазодвигательными мышцами. Кроме того, гиперметаболические участки определяются в легких, левом подмышечном лимфатическом узле, левом надпочечнике и парааортальном лимфатическом узле. В головном мозге гиперметаболические очаги не выявляются.

При флуоресцентной ангиографии в правом глазном яблоке определяются эксудативная отслойка сетчатки и хориоретинальные очаги, вероятно, вызванные хориоидитом или формированием новообразования; левое глазное яблоко без особенностей. При ультразвуковом исследовании правого глазного яблока в В-режиме отчетливо визуализируются отслойка стекловидного тела и нижних отделов сетчатки, а также пластинчатое утолщение сосудистой оболочки, что указывает на наличие в ней метастазов.

#### 7.1.1 Полезная информация

Было установлено, что метастазы в глазном яблоке наиболее характерны для рака молочной железы (47%) и рака легких (21%), при этом чаще всего поражается сосудистая оболочка [1] вследствие наличия в ней сосудов [2]. Однако в том же исследовании [1] у 142 пациентов из 420 после выявления увеальных метастазов не удалось обнаружить первичную опухоль.

При обнаружении увеальных метастазов следует провести сканирование головного мозга, где также достаточно часто обнаруживаются метастатические



**Рисунок 7.1** При ПЭТ/КТ у женщины 77 лет с рецидивом рака молочной железы на аксиальных срезах на уровне орбит определяется линейный участок повышенного поглощения ФДГ в височных (стрелка) и задних отделах правого глазного яблока, гиперденсный при КТ.

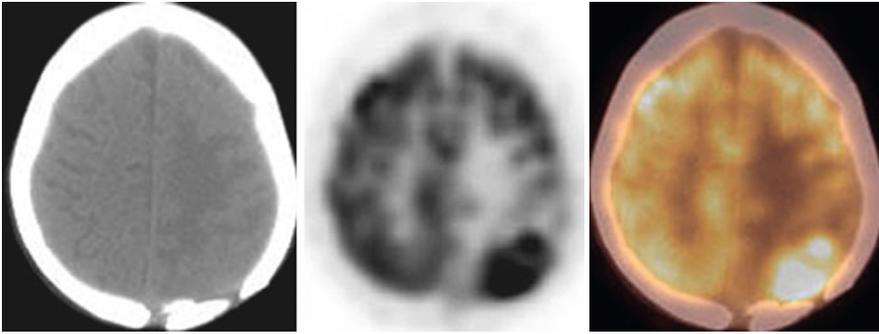
очаги. Прогноз для пациентов при раке молочной железы с метастазами в сосудистой оболочке глазного яблока неблагоприятен: медиана выживаемости составляет менее 12 месяцев [3].

Метастазы в сосудистой оболочке глазного яблока лучше всего выявляются при клиническом обследовании офтальмологом, а также с помощью традиционных методов лучевой диагностики: ультразвукового исследования, КТ и МРТ. Однако при ПЭТ/КТ происходит исследование всего тела, благодаря чему данная методика обладает определенными преимуществами при определении метастазов в лимфатических узлах и других органах. Было показано, что, несмотря на низкое разрешение изображения и вероятность получения ложно положительного результата при изучении глазного яблока, ПЭТ/КТ позволяет достоверно обнаруживать в сосудистой оболочке меланомы размерами от 2 мм (T3 и больше) [4]. Ранее также было установлено, что посредством ПЭТ/КТ возможно дифференцировать метастатические опухоли в сосудистой оболочке глазного яблока и саркоидные гранулемы [5], а также выявлять в ней метастазы рака легких [6] и рака молочной железы [7].

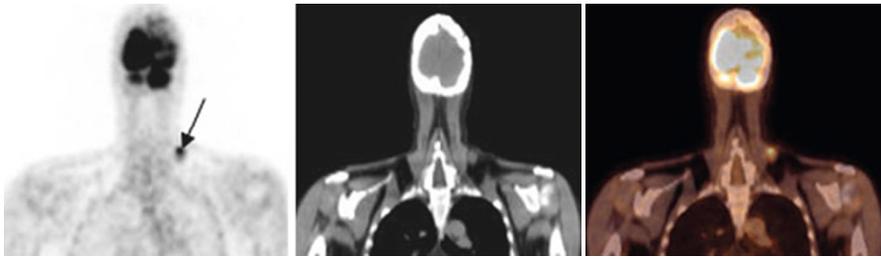
## 7.2 Метастазы мультиформной глиобластомы

Мужчине 53 лет два года назад была выполнена краниотомия слева по поводу мультиформной глиобластомы теменно-затылочной доли. Год назад был выявлен рецидив опухоли, и назначен курс химиотерапии и лучевой терапии с модулированной интенсивностью. Недавно у пациента было обнаружено пальпируемое объемное образование шеи слева.

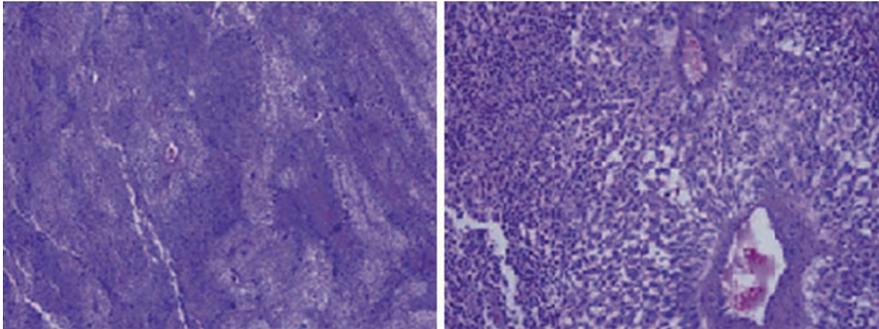
При ПЭТ/КТ в теменно-затылочной области определяется гиперметаболическое объемное образование размерами  $3,6 \times 2,2 \times 1,7$  см (рис. 7.2), характеризующееся интенсивным, но негетогенным поглощением ФДГ. Примечательно, что слева также визуализируется увеличенный гиперметаболический лимфатический узел V группы размерами  $2,1 \times 1,8$  см, гиподенсный при КТ (рис. 7.3).



**Рисунок 7.2** При ПЭТ/КТ у мужчины 53 лет с рецидивом мультиформной глиобластомы левой теменно-затылочной доли определяется негетерогенное объемное образование, интенсивно поглощающее ФДГ.



**Рисунок 7.3** Визуализируется увеличенный гиперметаболический лимфатический узел V группы слева (стрелка).



**Рисунок 7.4** При микроскопии (слева—при малом увеличении, справа—при большом увеличении) левого шейного лимфатического узла определяется метастаз мультиформной глиобластомы. Реакция клеток опухоли на виментин и глиальный фибриллярный кислый белок положительная.

По данным эксцизионной биопсии выявлен метастаз мультиформной глиобластомы (рис. 7.4). В данном случае реакция клеток опухоли на виментин и глиальный фибриллярный кислый белок была положительной.

### 7.2.1 Полезная информация

Мультиформная глиобластома (МГБ) представляет собой наиболее злокачественную внутричерепную опухоль, которая в США является наиболее распространенным видом глиом (50%) [8]. Экстракраниальные метастазы МГБ, как и других внутричерепных опухолей, достаточно редки, а их формирование может быть связано с проведением повторной операции по поводу рецидива опухоли, в результате которой повышается вероятность диссеминации клеток опухоли по венам и образования в них опухолевых эмболов [9]. Обычно метастазы локализуются в легких, печени и лимфатических узлах, хотя были зарегистрированы случаи наличия метастазов в костях и спинном мозге [10].

При МГБ опухолевый очаг накапливает ФГБ более интенсивно, чем при первичных опухолях головного мозга низкой степени злокачественности, при которых уровень поглощения ФДГ может соответствовать уровню поглощения, характерному для белого вещества. Благодаря данной особенности одним из первых направлений применения ПЭТ стало проведение дифференциальной диагностики между опухолями низкой и высокой степени злокачественности [11]. Было показано, что ФДГ-ПЭТ представляет собой чувствительный метод диагностики рецидивирующих опухолей головного мозга. Кроме того, с помощью ПЭТ возможно дифференцировать жизнеспособные ткани опухоли и ткани, подвергшиеся лучевому некрозу [12]. В обоих случаях необходимо сопоставлять данные ПЭТ с данными МРТ, поскольку распознавание жизнеспособных тканей опухоли может быть затруднено, если интенсивность сигнала от ткани опухоли не превышает интенсивности сигнала от серого вещества [13].

В литературе имеются сведения о том, что посредством ФДГ-ПЭТ были обнаружены метастазы МГБ в мягкой мозговой оболочке [14], а также в печени и кости [15].

## 7.3 Интрааренальные и интраваскулярные метастазы рака щитовидной железы

Женщине 66 лет по поводу папиллярного рака щитовидной железы 20 лет назад была выполнена тиреоидэктомия, а впоследствии было проведено множество курсов терапии радиоактивным йодом. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости и забрюшинного пространства в обеих почках определяются объемные образования. Уровень тиреоглобулина составляет  $> 120000$  нг/мл. При МРТ сердца в просвете нижней полой вены до уровня правого предсердия визуализируется опухолевый тромб. ПЭТ/КТ назначена с целью определения объема поражения.

При ПЭТ/КТ определяются метастатические очаги в нижних полюсах обеих почек (справа SUV = 58, слева SUV = 20) и гиперметаболический опухолевый тромб в просвете правой почечной и нижней полой вен до уровня правого предсердия (SUV = 13,7, рис. 7,5). Кроме того, визуализируются гиперметаболические очаги в правом легком, его корне и в области правого плечевого сустава.



**Рисунок 7.5** При ПЭТ/КТ у женщины 66 лет с папиллярным раком щитовидной железы в просвете правой почечной и нижней полой вен до уровня правого предсердия определяется гиперметаболический опухолевый тромб.

### 7.3.1 Полезная информация

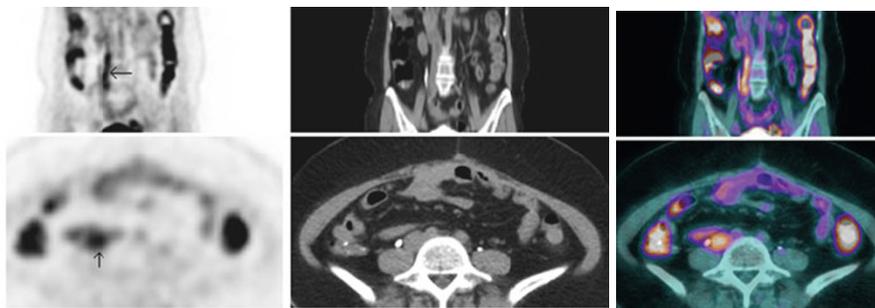
Метастазы рака щитовидной железы в почках выявляются редко: к 2011 году в литературе описано лишь около 25 таких случаев. При этом страдают в основном женщины в возрасте старше 45 лет, у которых метастазы определяются также и в других органах [16]. Ведущим путем метастазирования фолликулярного рака щитовидной железы является гематогенный, при этом в некоторых органах метастазы формируются в течение десятков лет [17]. Несмотря на экскрецию ФДГ почками, метастазы в почечной паренхиме можно выявлять с помощью ПЭТ, если тщательно оценивать данные, полученные при КТ, и проводить отсроченное сканирование после мочеиспускания. Так, метастатические очаги в почках обычно характеризуются более интенсивным поглощением ФДГ, чем неизменная почечная паренхима.

Было показано, что ПЭТ/КТ позволяет обнаруживать опухолевые тромбы при раке поджелудочной железы, ободочной кишки, почечно-клеточном раке, раке коры надпочечников, щитовидной железы и остеосаркоме [18]. Причем при раке щитовидной железы специфичность ФДГ-ПЭТ-сканирования можно повысить за счет проведения сцинтиграфии с йодом-131, поскольку радиоактивный йод будет поглощаться только тромбами опухолевой этиологии [19].

Распространение опухолевого тромба в предсердие происходит еще реже: к 2006 году описано только 12 таких случаев. При этом опухолевый тромб данной локализации так же поддается хирургическому лечению, поскольку опухоль обычно имеет капсулу и не инвазирует эндотелий [20].

## 7.4 Опухолевые тромбы

У женщины 37 лет 10 лет назад были выявлены саркома матки и рак эндометрия. Пациентке были выполнены тотальная абдоминальная гистерэктомия и двусторонняя сальпингоофорэктомия, резекция кишки и удаление объемного образования малого таза. Женщине были проведены несколько курсов химиотерапии и лучевой терапии по поводу рецидивов заболевания. ПЭТ/КТ была назначена с целью определения эффективности лечения.



**Рисунок 7.6** При ПЭТ/КТ у женщины 37 лет с саркомой матки и раком эндометрия в области правой подвздошной вены определяется линейный участок, интенсивно поглощающий ФДГ (стрелка).

При сканировании были выявлены следующие патологические участки, обусловленные метастазами:

множественные слабоинтенсивные гиперметаболические узелки в легких;  
 кальцифицированное гиперметаболическое объемное образование вдоль правой прямой мышцы живота и прилежащий к нему гиперметаболический узелок, расположенный подкожно рядом с областью хирургического вмешательства;

множественные мезентериальные узелковые уплотнения и лимфатические узлы;

гиперметаболический участок уплотнения мягких тканей в пресакральной области справа.

Наибольший интерес представляет интенсивно поглощающий ФДГ линейный участок в области правой подвздошной вены и НПВ ( $SUV_{max}$  6,4), который при КТ с контрастным усилением выглядит, как дефект наполнения. Без данных КТ, по которым можно установить границы НПВ и выявить контрастное вещество в мочеточнике, данный участок мог быть ошибочно расценен, как мочеточник, содержащий мочу с РФП (рис. 7.6).

#### 7.4.1 Полезная информация

При сканировании опухолевые тромбы могут быть пропущены, поскольку при ПЭТ кровеносные сосуды обычно не визуализируются, если только в их стенке не развивается воспаление, как при атеросклерозе аорты и крупных артерий. Нижнюю полую вену можно идентифицировать только по данным КТ. Опухолевые тромбы в НПВ можно спутать с прилежащими структурами, например, с увеличенными за счет метастазов парааортальными лимфатическими узлами или даже с мочеточником, содержащим мочу с РФП. Поясничная мышца, хорошо развитая с одной стороны и потому характеризующаяся

более интенсивным метаболизмом, тоже может маскировать близко расположенный опухолевый очаг.

Для оценки размеров тромба рекомендуется использовать КТ, МРТ и ультразвуковое исследование. По данным МРТ и КТ также возможно установить строение тромба, поскольку опухолевые тромбы накапливают контрастное вещество более интенсивно, чем обычные [21]. Обычный тромб может сформироваться при сужении просвета НПВ вследствие ее компрессии извне объемным образованием [22].

Опухолевые тромбы встречаются редко и характерны для солидных раков, в том числе лимфомы, остеосаркомы, саркомы Юинга и раков с локализацией в малом тазу и брюшной полости. На серии исследований было показано, что определение опухолевых тромбов при ФДГ-ПЭТ позволяет избежать неоправданного использования антикоагулянтов [23, 24]. Несмотря на то что острый венозный тромбоз также может проявляться повышением уровня поглощения ФДГ, в течение трех месяцев уровень накопления при данной патологии снижается до физиологических значений [25]. Для того чтобы избежать гипо- и гипердиагностики опухолевых тромбов, следует сопоставлять данные ПЭТ с данными КТ, МРТ и клинического обследования.

## 7.5 Канцероматоз брюшины и сальника

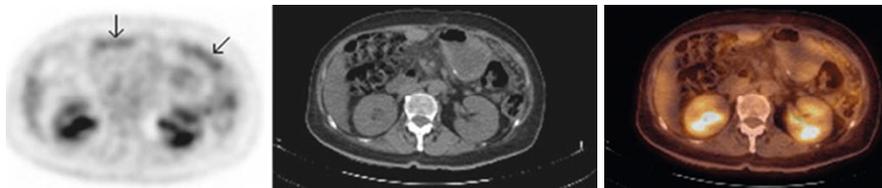
Женщине 66 лет по поводу рака головки поджелудочной железы были проведены панкреатодуоденальная резекция и курс химиотерапии. В настоящее время определяется повышенный уровень СА 19–9 (377 ед/мл; нормальные значения < 40 ед/мл).

При ПЭТ/КТ визуализируется картина гиперметаболизма в стенке тонкой кишки. В сальнике, преимущественно в его левых отделах, определяются узелковые уплотнения с размытыми границами. Поглощение ФДГ в данной области выражено слабо (SUV до 2,1, рис. 7.7). При КТ данная картина может соответствовать опухолевой или воспалительной инфильтрации.

### 7.5.1 Полезная информация

Участки интенсивного накопления ФДГ в брюшной полости, особенно в ее передних отделах, требуют повышенного внимания. В кишке они могут быть обусловлены физиологическими процессами, а в брюшине и сальнике — метастазами при наличии повышенного уровня опухолевых маркеров.

При канцероматозе брюшины диссеминация опухолевых очагов в сальнике и брыжейке по данным традиционных методов лучевой диагностики может быть выявлена только при целенаправленном ее поиске. При подозрительных результатах клинического обследования и лабораторной диагностики следует более тщательно оценивать даже те структуры брюшной полости, которые на первый взгляд характеризуются физиологическим уровнем поглощения РФП. Так, при ПЭТ низкий уровень накопления ФДГ микроскопическими очагами



**Рисунок 7.7** При ПЭТ/КТ у женщины с раком головки поджелудочной железы в левых отделах сальника определяются узелковые уплотнения с размытыми границами (стрелки), слабо поглощающие ФДГ. Картина соответствует опухолевой инфильтрации

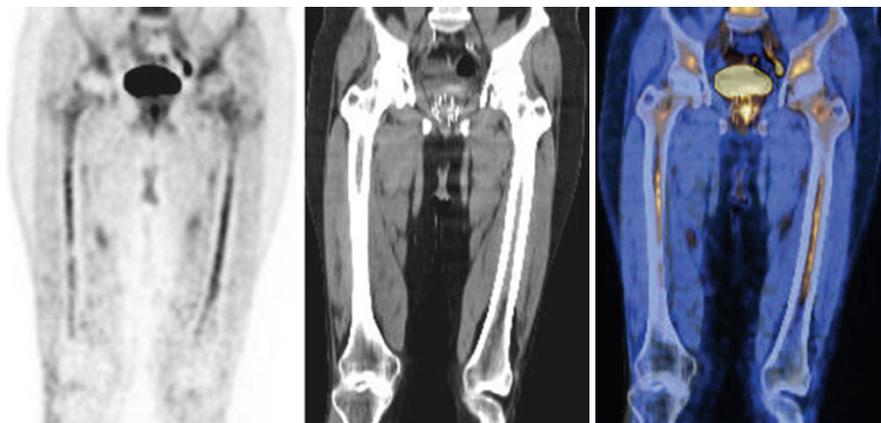
может приводить к получению ложноотрицательных результатов. По данным КТ могут быть выявлены асцит, утолщение брюшины и стенки тонкой кишки, размытость контуров сальника и наличие в нем контрастных узелков и признаков опухолевой инфильтрации [26]. МСКТ, совмещенная с ПЭТ (ПЭТ/МСКТ), характеризуется более высокой чувствительностью и специфичностью по сравнению с обычной МСКТ. По данным КТ можно установить четкую локализацию патологического участка, что особенно важно при планировании оперативного вмешательства [27].

Канцероматоз брюшины может проявляться как гиперметаболическими узелками, так и областью с диффузным повышением метаболизма. Узелки обнаруживаются в передних отделах брюшной полости и лучше видны на срезах в сагиттальной плоскости. Область диффузного гиперметаболизма распространяется на всю брюшную полость и весь малый таз, при этом оценка контуров органов затруднена [28].

Несмотря на то что по причине низкой чувствительности ФДГ-ПЭТ/КТ не используют как метод первичной диагностики, применение ФДГ-ПЭТ/КТ может быть целесообразным для исследования пациентов с высоким уровнем опухолевых маркеров, отрицательными или сомнительными результатами по данным традиционных методов лучевой диагностики, а также для отбора пациентов для проведения полной циторедукции [29].

## 7.6 Инфильтрация костного мозга при неходжкинской лимфоме

У мужчины 75 лет недавно была диагностирована лимфома. Лечение еще не проводилось. При ПЭТ/КТ в обеих бедренных костях достаточно симметрично определялась картина слабовыраженного диффузного гиперметаболизма ( $SUV = 2,4$ ) (рис. 7.8). Я не был уверен в том, отмечать ли выявленные в костном мозге изменения, поскольку кости осевого скелета были без особенностей, селезенка не была увеличена и поглощала ФДГ слабее, чем печень. Ранее я уже видел похожую картину у пациентов после курса химиотерапии и применения гранулоцитарного колониестимулирующего фактора. Также я наблюдал такие изменения у пациентов с лихорадкой неясного генеза и пациентов с другими



**Рисунок 7.8** При ПЭТ/КТ у мужчины 65 лет, у которого недавно была диагностирована лимфома, в обеих бедренных костях определяется повышенный уровень поглощения ФДГ. По данным биопсии в костном мозге выявлена лимфоматозная инфильтрация

злокачественными опухолями, у которых не было зарегистрировано метастазов в костях. На всякий случай я решил назначить биопсию костного мозга, по результатам которой была выявлена лимфоматозная инфильтрация.

### 7.6.1 Полезная информация

Метастазы в костном мозге могут определяться как при ходжкинской, так и при неходжкинской лимфоме (НХЛ). Причем доля пациентов с метастазами в костях при НХЛ может достигать 40% [30]. При ФДГ-ПЭТ повышенный уровень поглощения ФДГ в костном мозге может наблюдаться у пациентов с первичными злокачественными опухолями костей, метастазами в костях, у лиц после химиотерапии и применения гематопоэтических факторов роста и гранулоцитарного колониестимулирующего фактора (Г-КСФ) [31]. По данным исследования, проведенного в 2013 году с участием 33 пациентов, было показано, что достоверность диагностики метастазов лимфомы в костном мозге посредством ПЭТ выше, чем при проведении биопсии, являющейся «золотым стандартом» (98% и 81%, соответственно). Существенное влияние на результат биопсии костного мозга, как и биопсии солидных опухолей в других органах, могут оказать погрешности при заборе образца ткани [32].

## 7.7 Боль в шее может быть обусловлена бронхоальвеолярным раком

Женщине 74 лет два года назад по поводу бронхоальвеолярного рака были проведены резекция верхней доли правого легкого и химиотерапия. С целью