

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра онкологии и лучевой терапии с курсом ПО

Заведующий кафедрой  
Д.м.н., профессор Зуков Руслан Александрович

Реферат

Основные принципы ПЭТ и область применения в диагностике рака  
легких и молочной железы.

Работу выполнил:  
Клинический ординатор  
Бочкарев Даниил Дмитриевич

Кафедральный руководитель ординатора  
К.м.н., доцент Гаврилюк Дмитрий Владимирович

Красноярск 2023

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Введение.....                                                   | 3  |
| 2. Общая информация о позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)..... | 4  |
| 2.1 Описание принципа работы ПЭТ .....                             | 4  |
| 2.2 Ключевые компоненты ПЭТ-сканера .....                          | 4  |
| 2.3 Процесс проведения ПЭТ-исследования .....                      | 4  |
| 3. Применение ПЭТ в диагностике рака .....                         | 5  |
| 3.1 Диагностика и стадирование рака легких с помощью ПЭТ .....     | 5  |
| 3.2 Варианты рака легкого .....                                    | 7  |
| 3.3 Визуализация первичной опухоли: Т-стадия.....                  | 8  |
| 3.4 ПЭТ-КТ лимфоузлов: N-стадия .....                              | 9  |
| 3.5 Оценка метастазов: М-стадия .....                              | 10 |
| 4. Рак молочной железы.....                                        | 12 |
| 4.1 Как обнаружить рак груди .....                                 | 13 |
| 4.2 Оценка первичной опухоли .....                                 | 13 |
| 4.3 Оценка вторичного поражения лимфатических узлов .....          | 15 |
| 4.4 Оценка отдаленных метастазов .....                             | 17 |
| 4.5 Оценка ответа на лечение .....                                 | 19 |
| 4.6 Контроль рецидива опухоли .....                                | 20 |
| 4.7 Расшифровка ПЭТ-КТ при раке молочной железы .....              | 20 |
| 5. Заключение.....                                                 | 21 |
| 6. Список литературы.....                                          | 22 |

## 1. Введение.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) является мощным инструментом в сфере медицинской диагностики, который позволяет визуализировать и изучать жизненно важные процессы в организме человека. Она базируется на использовании радиоактивных изотопов, излучающих позитроны, и детекторов, регистрирующих их эмиссию.

ПЭТ-сканирование широко применяется в медицине для диагностики и мониторинга различных заболеваний, включая рак, сердечно-сосудистые заболевания и неврологические расстройства. Главным преимуществом ПЭТ-скана является его способность предоставить информацию о функциональных изменениях органов и тканей на молекулярном уровне.

В контексте диагностики рака, ПЭТ-томография позволяет обнаружить и оценить метастазы, а также оценить эффективность лечения. Используя радиоактивные маркеры, такие как  $^{18}\text{F}$ -FDG (флуордезоксиглюкоза), ПЭТ-скан способен обнаружить гиперметаболические области, которые часто характеризуют злокачественные опухоли. Это позволяет точно определить стадию рака и принять соответствующее лечение.

В области сердечно-сосудистых заболеваний ПЭТ-томография используется для оценки кровоснабжения сердца и обнаружения областей ишемии (недостаточного кровоснабжения). Это позволяет оценить риск возникновения сердечного приступа и принять меры для его предотвращения. Также ПЭТ-сканирование может использоваться для изучения функции сердца, выявления воспалительных процессов и определения локализации атеросклеротических бляшек.

Неврологические расстройства также являются областью применения ПЭТ-томографии. Благодаря возможности изображать и изучать метаболическую активность мозга, ПЭТ-скан позволяет исследовать нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона. Он также может быть использован для дифференциальной диагностики неврологических расстройств, оценки эффективности лечения и планирования нейрохирургических вмешательств.

С учетом всех этих факторов, позитронно-эмиссионная томография играет важную роль в современной медицине, обеспечивая врачей ценной информацией о патологических процессах в организме. В данном реферате мы рассмотрим подробнее применение ПЭТ-сканирования в диагностике рака легких и молочной железы.

## **2. Общая информация о позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)**

### **2.1 Описание принципа работы ПЭТ**

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — это неинвазивный метод визуализации и функционального анализа тканей в организме пациента. ПЭТ основывается на детекции гамма-квантов, испускаемых радиофармпрепаратами, содержащими изотопы с эмитирующими позитроны. Позитроны являются античастицами электронов и при взаимодействии с электронами тканей исчезают, испуская два гамма-кванта в противоположных направлениях. Детектирование этих гамма-квантов позволяет реконструировать распределение радиофармпрепарата в организме и создать трехмерное изображение.

### **2.2 Ключевые компоненты ПЭТ-сканера**

ПЭТ-сканер состоит из нескольких ключевых компонентов, обеспечивающих его функционирование. Одним из основных компонентов является вещество, содержащее радиоизотоп, которое вводится в организм пациента. Другим ключевым компонентом является детектор, который регистрирует гамма-кванты, испущенные радиофармацевтиком, взаимодействующим с тканями организма пациента. Современные ПЭТ-сканеры обычно используют так называемые кольцевые детекторы, состоящие из массива детекторных блоков, расположенных вокруг пациента. Детекторы состоят из сцинтилляторов, которые конвертируют гамма-кванты в световые импульсы, а также фотодетекторов, которые регистрируют эти световые импульсы. Данные, полученные от детекторов, затем обрабатываются и используются для создания изображения.

### **2.3 Процесс проведения ПЭТ-исследования**

Проведение ПЭТ-исследования требует нескольких этапов. Вначале пациенту вводится радиофармпрепарат, содержащий радиоизотоп. Этот препарат может быть введен в кровь пациента через вену, принят внутрь или взаимодействовать с тканями органов путем других методов. Затем пациент помещается на стол ПЭТ-сканера, который находится внутри кольцевых детекторов.

Само сканирование происходит во время сбора данных. Детекторы регистрируют гамма-кванты, испущенные радиофармпрепаратом, и передают полученные сигналы на компьютер для последующей обработки. В результате анализа сигналов детекторов создается трехмерное изображение, отображающее области поступления радиоизотопа в организме пациента. Эти изображения могут быть использованы для диагностики рака, сердечно-сосудистых заболеваний и неврологических расстройств.

### 3. Применение ПЭТ в диагностике рака

#### 3.1 Диагностика и стадирование рака легких с помощью ПЭТ

Диагностика и стадирование рака легких являются важными аспектами при определении оптимальной стратегии лечения и прогноза пациента. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) является одним из методов, используемых для достижения высокой точности в диагностике и стадировании данного онкологического заболевания.

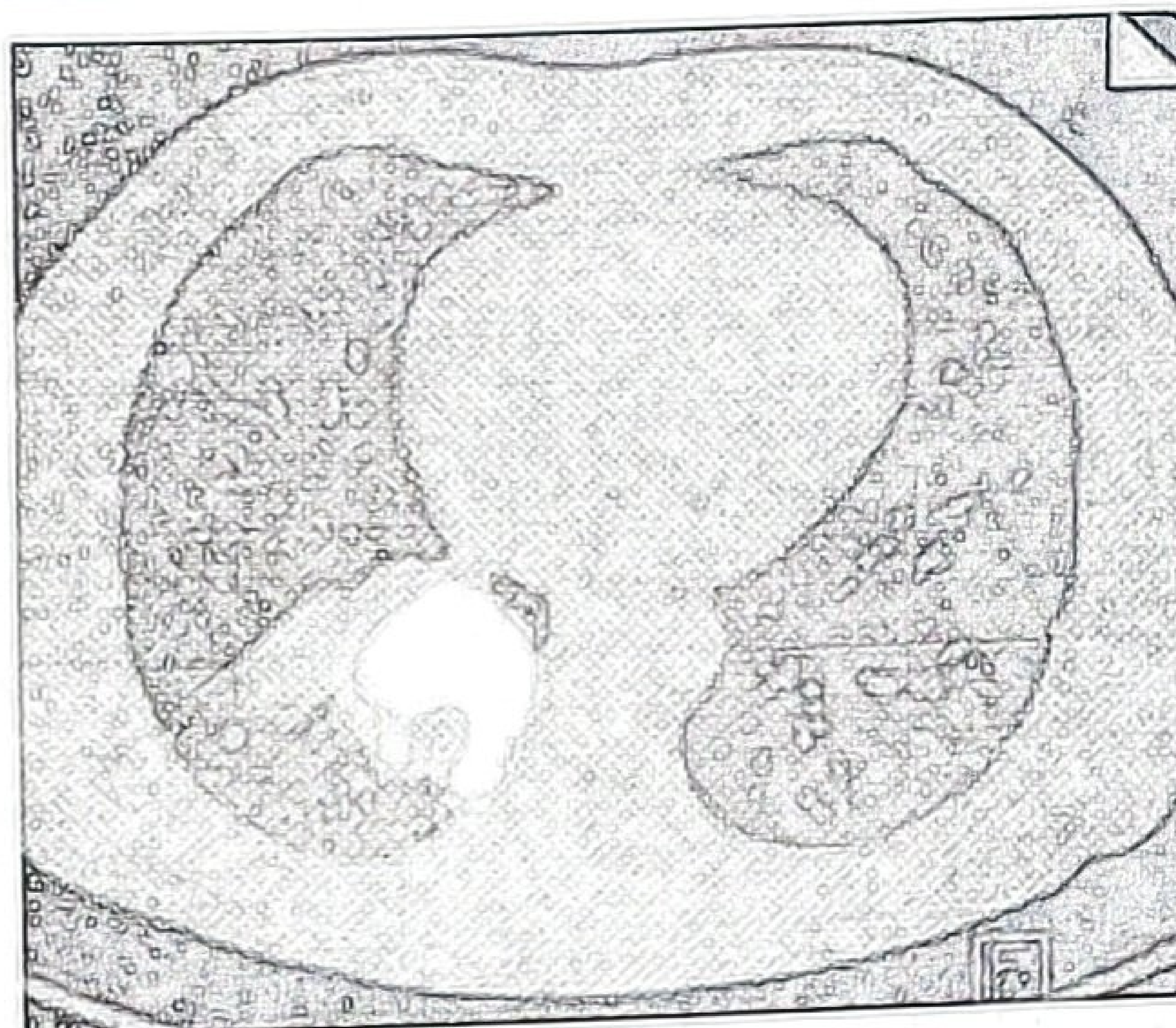
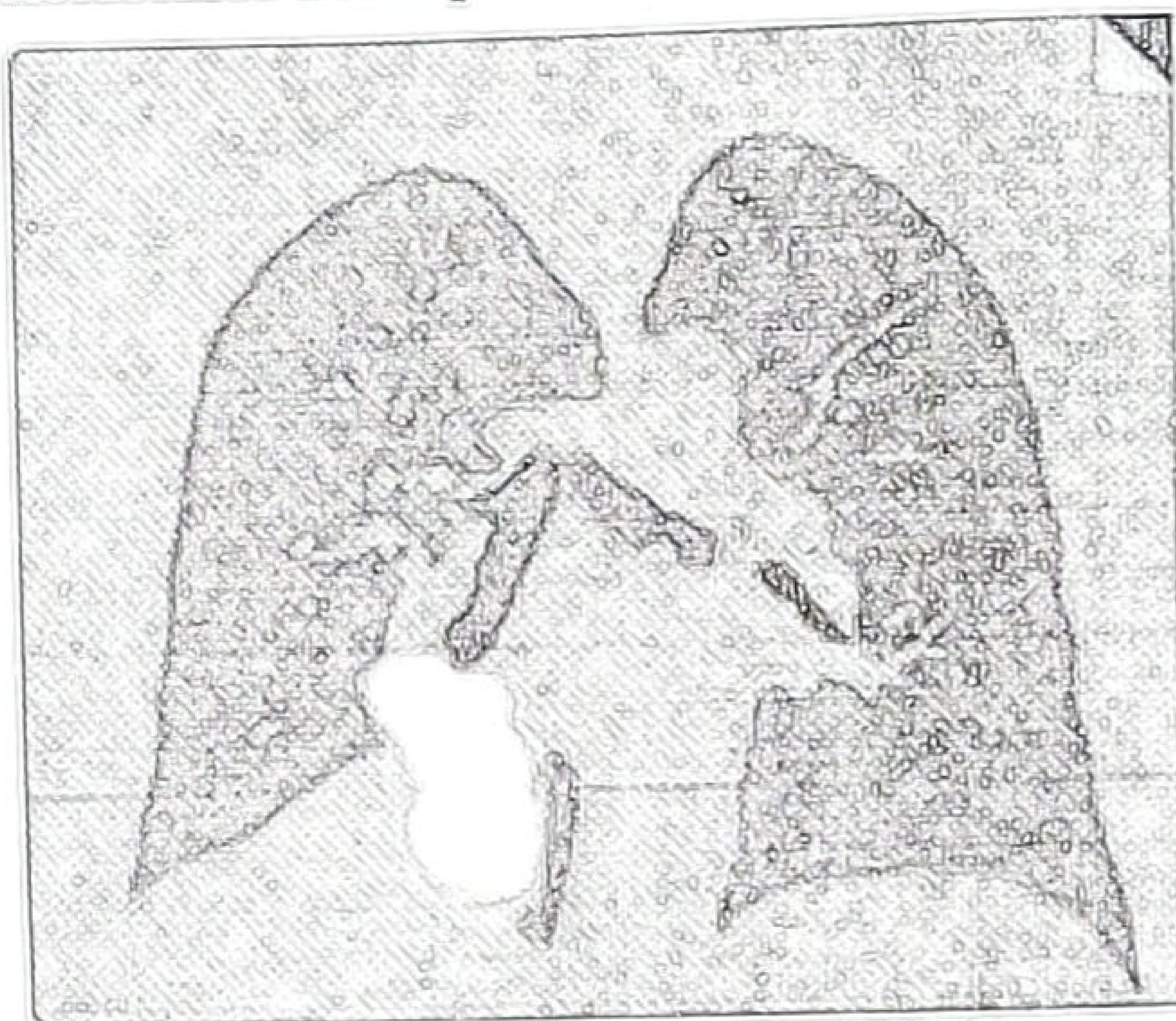
ПЭТ-сканирование основывается на использовании радиоактивно меченых молекул, называемых радиофармпрепаратами, введенных в организм пациента. Одним из наиболее широко используемых радиофармпрепаратов в ПЭТ-сканировании рака легких является флуордезоксиглюкоза (ФДГ). ФДГ, радиоактивно помеченная форма глюкозы, обладает способностью накапливаться в раковых клетках, которые активнее потребляют глюкозу по сравнению с нормальными клетками.

При проведении ПЭТ-сканирования пациенту внутривенно вводится радиофармпрепарат ФДГ, и после его распределения в организме следует захват раковыми клетками.

Радиоактивные изотопы, испускающие позитроны, взаимодействуют с детекторами в аппарате ПЭТ, что позволяет создать изображение активности радиофармпрепарата в органах и тканях пациента.

ПЭТ с ФДГ был показан во многих исследованиях как эффективный метод для диагностики и стадирования рака легких. Наличие позитивного результата сканирования, то есть обнаружение участка повышенной активности радиофармпрепарата, указывает на присутствие злокачественной опухоли в организме. Кроме того, ПЭТ позволяет оценить степень распространения опухоли (стадирование) на основе обнаружения или отсутствия

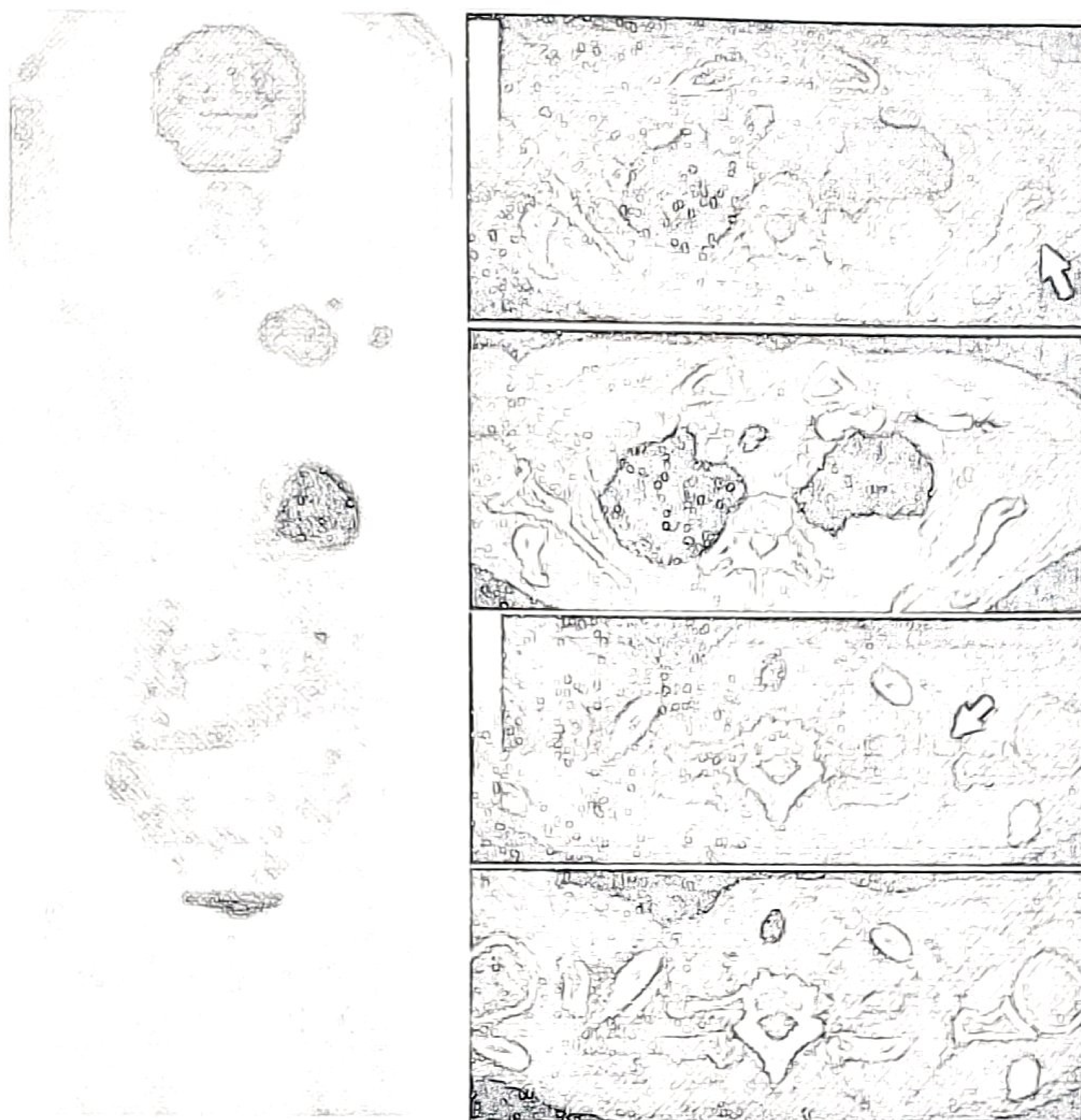
метастазов в лимфатических узлах и других органах.



При комплексном ПЭТ/КТ исследовании обнаружен очаг в нижней доле правого легкого с региональными метастазами

Важным преимуществом ПЭТ-сканирования в диагностике рака легких является его высокая чувствительность и специфичность. Однако, как и любой диагностический метод, ПЭТ имеет свои ограничения и недостатки, такие как возможность ложноотрицательных или ложноположительных результатов, влияние артефактов, а также стоимость и доступность оборудования.

В первичном обследовании пациента, страдающего раком легкого, должны принимать участие несколько специалистов: опытный рентгенолог, специалист по ядерной медицине (радионуклидным методам — сцинтиграфии и ПЭТ), рентгенохирург (специалист в области интервенционной радиологии), пульмонолог, торакальный хирург; необходимо также использовать точные и экономически эффективные методы диагностики. Существующие на данный момент руководства содержат рекомендации, что методы нужно выполнять любому пациенту, у которого имеется высокий риск рака, предпочтительно с выполнением гистологического исследования и взятием образцов ткани. Это позволяет не только установить точный гистологический вариант опухоли, но и правильно стадировать заболевание. Во многих случаях предпочтительнее выполнить биопсию подозрительных лимфоузлов средостения, а не первичной опухоли, что позволяет лучше оценить стадию (например, при биопсии лимфоузла с выполнением ПЭТ ставится стадия T2N2, в то время как без ее использования — T2Nx). Кроме того, для опухолей, осложненных обструктивной пневмонией, и образований с выраженными некротическими изменениями, данные играют важную роль для определения области биопсии.



*Опухоль левого легкого с частичным некрозом и деструкцией ребер. Визуализируются два метастаза в подключичных лимфоузлах и в мышцах (стрелки), которые на КТ не видны. Необходимо выполнить трансторакальную биопсию той части опухоли, которая расположена в периферических отделах, чтобы получить образец жизнеспособных тканей.*

### 3.2 Варианты рака легкого

В 85–95% случаев рак легкого является немелкоклеточным и представляет собой аденокарциному, плоскоклеточный рак или крупноклеточный рак. Аденокарцинома может возникать как у курящих, так и некурящих пациентов; обычно представляет собой периферическую опухоль; рано дает отдаленные метастазы. Степень захвата аденокарциномой F18-ФДГ имеет тенденцию быть ниже по сравнению с опухолями иного гистологического строения; некоторые опухоли, характеризующиеся низким уровнем метаболизма глюкозы, могут обуславливать ложноотрицательный результат.

Плоскоклеточный рак тесно связан с курением, в большинстве случаев является центральным. Крупноклеточный рак обычно представляет собой периферическое объемное образование в легочной ткани большого размера с наличием метастазов на момент установления диагноза. Крупноклеточный и плоскоклеточный рак характеризуются повышенным накоплением F18-ФДГ. Стадирование немелкоклеточного рака легкого осуществляется в соответствии со шкалой TNM; таким образом, информация о стадии заболевания дает возможность планирования лечения и прогнозирования выживаемости.

Остальные 10–15% случаев обусловлены мелкоклеточным раком, биологически более агрессивным, при котором стадирование, лечение и прогноз отличаются от таковых при немелкоклеточном раке. Этот тип рака очень тесно связан с курением. Выделяют две стадии заболевания: ограниченную, при которой опухоль располагается в половине грудной клетки на стороне поражения, в том числе в средостении и ипсилатеральной надключичной области; и распространенную, когда опухоль распространяется за пределы одной половины грудной клетки.

### **3.3 Визуализация первичной опухоли: Т-стадия**

С помощью КТ можно достоверно оценить размер опухоли практически во всех случаях. Тем не менее, при наличии обусловленных опухолью осложнений, например, ателектаза легкого или обструктивной пневмонии, истинный размер первичной опухоли оценить сложнее. Позволяет отличить паренхиму спавшегося участка легочной ткани от злокачественной опухоли, т. к. опухоль характеризуется интенсивным захватом ФДГ, а спавшееся легкое — нет. Также он помогает оценить опухолевую инвазию (прорастание) в плевру и средостение. Накопление плеврой ФДГ всегда является патологическим, и при наличии новообразования органов дыхания крайне подозрительно на метастатическое поражение. При прорастании опухоли в средостение необходимо выполнять КТ с внутривенным введением йодсодержащего контрастного вещества с целью определения взаимоотношения опухоли, крупных кровеносных сосудов и перикарда.

Интенсивный захват ФДГ первичной опухолью обусловлен ее биологическим типом и степенью «агрессивности» опухолевых клеток; повышенный захват ФДГ может становиться прогностическим фактором рецидива. В исследовании Kim et al. была продемонстрирована группа пациентов, подвергшихся оперативному вмешательству по поводу новообразований легких, у которых при патологическом исследовании была установлена стадия N0. У пациентов, у которых возник рецидив опухоли, максимальный стандартизированный уровень

накопления (SUV max) первичной опухолью легкого был выше, чем у пациентов, у которых рецидива не было. Пороговое значение SUV max, отделяющее пациентов с высоким уровнем рецидива, было определено равным 6,9. Было также сделано заключение, что для пациентов высокой группы риска по развитию рецидива предпочтительна изначально более «агрессивная» терапия. Таким образом, помогает точно спрогнозировать, как будет вести себя опухоль после лечения.

### 3.4 ПЭТ-КТ лимфоузлов: N-стадия

С помощью ПЭТ можно обнаружить метастатическое поражение лимфоузлов корней легких и средостения лучше, чем с помощью любого другого метода, так как метаболически активные лимфоузлы при ПЭТ-КТ, даже малого размера, характеризуются повышенным захватом ФДГ. Это справедливо и для тех случаев, когда морфологические признаки злокачественного поражения узлов могут не обнаруживаться на КТ-изображениях. Также метод позволяет оценить увеличенные лимфоузлы, не накапливающие или минимально накапливающие радиофармпрепарат, которые часто носят реактивный характер или отражают остаточные изменения в отсутствие опухолевого поражения. При определении стадии N чувствительность составляет 81% против 61% у КТ, и специфичность 90%, в то время как КТ характеризуется специфичностью 79%.

Наибольшее преимущество в оценке средостения — это возможность исключить злокачественное поражение любого лимфоузла с высокой степенью точности. То есть, отсутствие интенсивного захвата ФДГ лимфоузлом достоверно говорит об истинном отсутствии метастазов (прогностическое значение отрицательного результата равно 99%). В то же время не все лимфоузлы средостения, характеризующиеся повышенным метаболизмом, обязательно являются злокачественными; ложноположительный результат может быть обусловлен воспалительными изменениями. Это объясняет, почему изменения со стороны средостения должны оцениваться количественно с использованием SUV (стандартизированного уровня накопления). Пороговое значение SUV max в пределах 4,0–5,3 позволяет рассматривать изменения со стороны лимфоузлов средостения как положительные (то есть, метастатическое поражение есть).

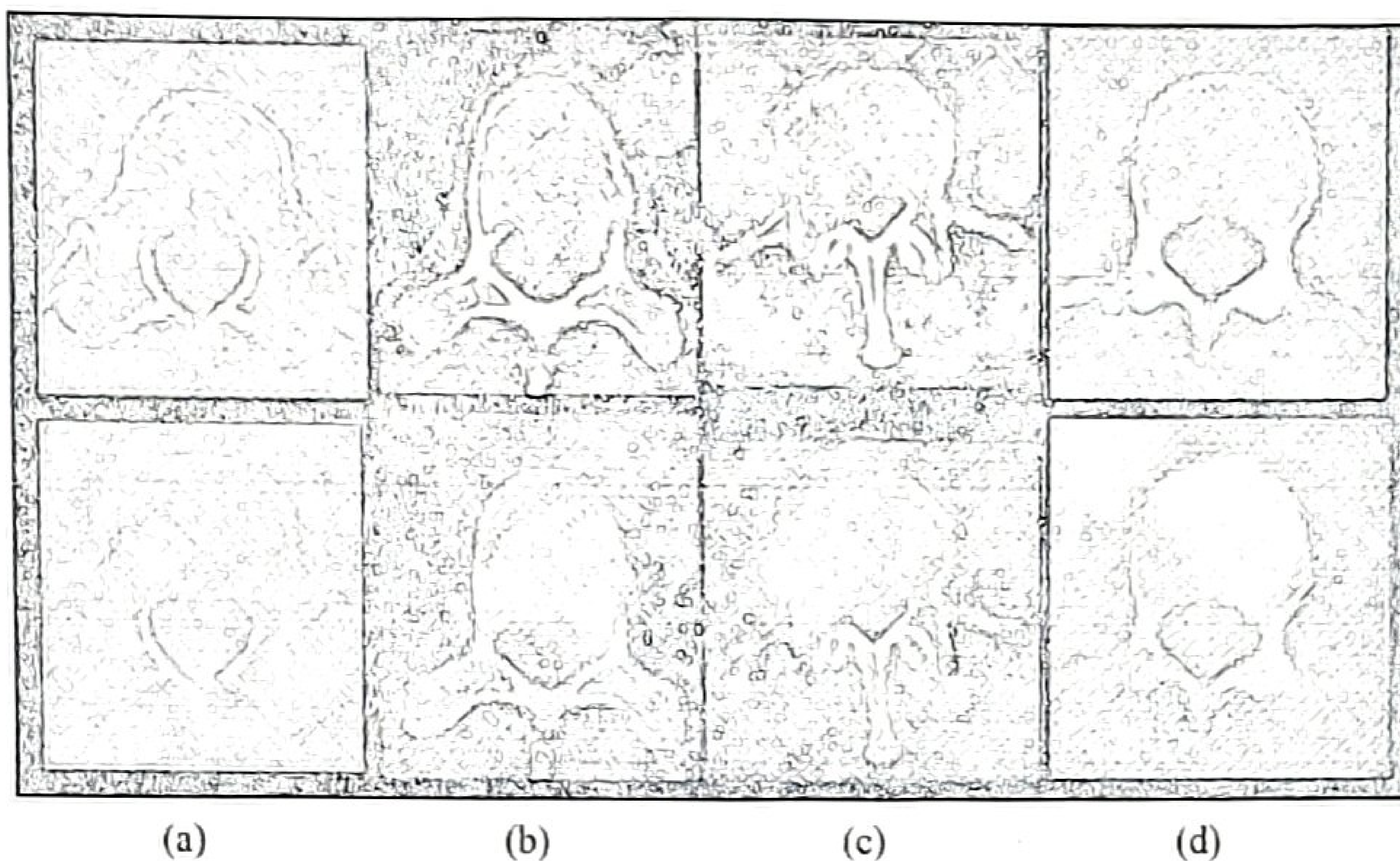
Лучшее картирование лимфоузлов средостения позволяет избежать медиастиноскопии, ограничившись трансбронхиальной игольной аспирацией под контролем УЗИ, особенно в труднодоступных областях, таких как аортопульмональное окно или область, находящаяся позади бифуркации трахеи.

Особенное значение в стадировании поражения лимфатических узлов имеет на ранних стадиях заболевания (I и II), что позволяет избежать ненужной торакотомии.

### 3.5 Оценка метастазов: М-стадия

У 40–50% пациентов, страдающих раком органов дыхания, в момент установления диагноза присутствуют метастазы. Наличие отдаленных метастазов в корне меняет план лечения этих пациентов, делая оперативное вмешательство намного более сложным, что приводит к гораздо более неблагоприятному прогнозу. ПЭТ-КТ имеет неоспоримые преимущества в диагностике метастазов по сравнению с традиционными методами исследования, особенно в случаях одновременного метастатического поражения множества органов, часто без какой-то определенной локализации вследствие диссеминации процесса. Повышенное накопление ФДГ в метастазах рака легкого и возможность исследования всего тела делают методом выбора при выявлении метастазов (вне головного мозга). Также метод позволяет выявить отдаленные метастазы, о которых до проведения исследования ничего не было известно, вплоть до 30% всех случаев.

Самые частые вторичные изменения при раке легкого – метастазы в кости, которые имеют место у 8–27% пациентов на момент установления диагноза. Вторичные изменения костей лучше обнаруживаются при помощи ПЭТ, чем при использовании других методов диагностики. Так, больше чем в половине случаев костных метастазов поражается только костный мозг и не происходит существенного нарушения костной структуры, из-за чего при помощи рентгенографии и КТ их не удастся обнаружить, и даже сцинтиграфия скелета с использованием метилendifосфоната Тс-99m оказывается малоспецифичной при обнаружении этого типа поражений. Метастазы в кости могут иметь исключительно литический характер и интенсивно накапливать ФДГ, но в то же время гиперфиксация препарата в очагах поражения может и не определяться.



Типы метастазов в кости при раке легкого. (a) Остеобластический. (b) Остеолитический. (c) Смешанный. (d) Поражение костного мозга.

У пациентов, страдающих раком легкого, часто возникают метастазы в органы брюшной полости. Чаще всего поражаются печень и надпочечники. Поскольку также могут встречаться доброкачественные изменения печени и надпочечников, необходимо использовать диагностические методы, позволяющие распознать их и отличить от метастазов. В случаях изменений со стороны надпочечников, умеренное или выраженное накопление ФДГ обладает высокой прогностической ценностью положительного результата для метастазов. Чувствительность и специфичность ПЭТ с использованием SUV (стандартизированного уровня накопления) в целом в популяции составляет 87% и 87%, в то время как у пациентов с раком легкого 94% и 82% соответственно. Лучшим пороговым значением SUV max, позволяющим дифференцировать злокачественные и доброкачественные поражения, по-видимому, является 2,5.

В случаях метастазов в печень, практически все доброкачественные поражения (кисты, гемангиомы, фокальная нодулярная гиперплазия) характеризуются меньшим или идентичным по сравнению с паренхимой печени уровнем накопления ФДГ. Любой узел, любые объемные образования, накапливающие ФДГ интенсивнее, чем нормальная паренхима печени, крайне подозрительны на злокачественные изменения.



*Метастазы в печени при аденокарциноме правого легкого. Определяется один метастаз в печени, который не виден на КТ с контрастным усилением.*

Для обнаружения метастазов в надпочечники, почки и кости, в случаях, когда невозможно проведение, приемлемой альтернативой является МРТ всего тела с выполнением программы DWI. Позволяет оценить метастазы в областях, изменения в которых не стадируются при традиционных методах диагностики, например, в коже, скелетных мышцах, мягких тканях, поджелудочной железе, почках.

#### **4. Рак молочной железы**

Рак молочной железы является самым распространенным новообразованием у женщин во всем мире и ведущей причиной женской смертности в результате рака. Во всем мире каждый год насчитывается примерно 1,38 миллионов вновь возникших случаев заболевания, а также 458 тысяч летальных исходов в течение года, обусловленных этой болезнью. Многие факторы риска хорошо известны. Тем не менее, точные причины возникновения рака молочной железы не определены. Например, наличие заболевания у родственников и предков является хорошо известным фактором риска: при нем вероятность развития рака возрастает в два или три раза. Также предполагается, что мутации в гене BRCA (1 и 2) и мутации белка

p53 в значительной степени повышают риск развития опухоли. Ранняя диагностика является основополагающим способом контроля, так как определяет способ лечения, а также прогноз и шансы пациентки на выживание.

#### **4.1 Как обнаружить рак груди**

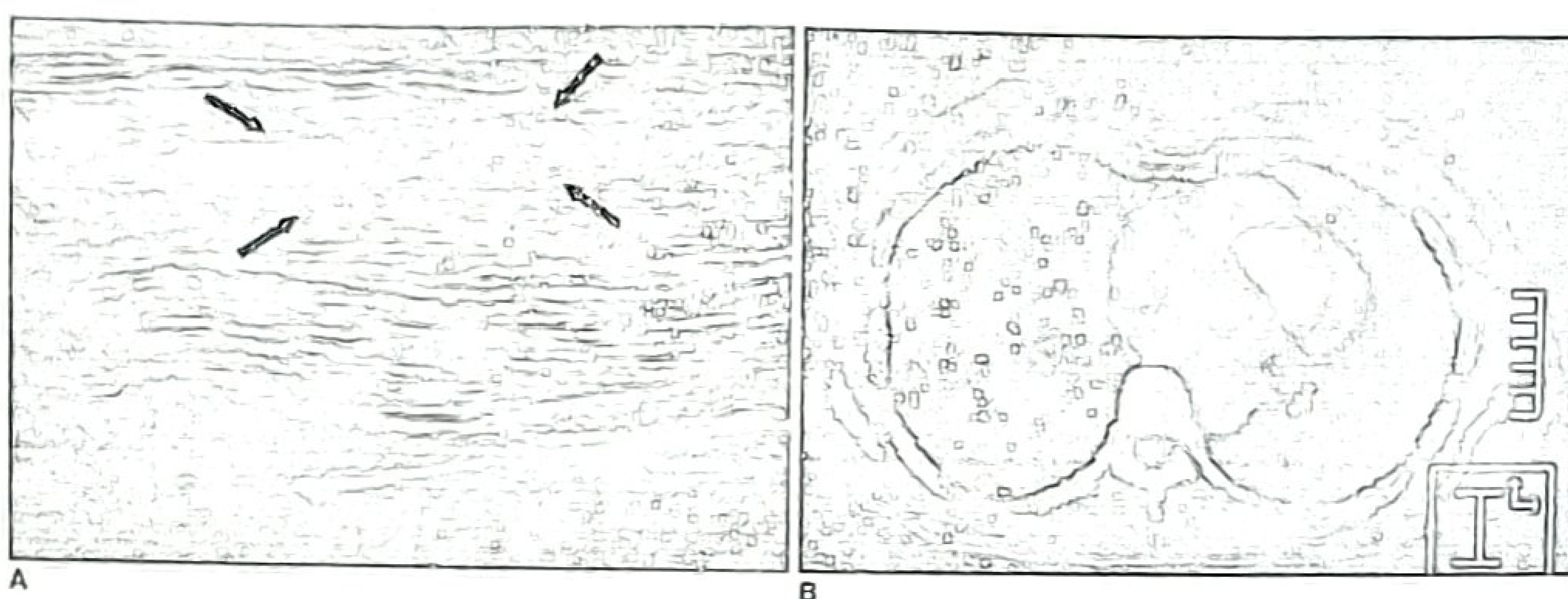
К методам диагностики, основанным на обнаружении анатомических изменений, относятся маммография, ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Они широко используются в клинической практике для выявления первичной опухоли и определения стадии рака молочной железы. Эти методы диагностики постоянно улучшаются, кроме того, в практику также внедряются новые способы исследования молочных желез: оптическая маммография, однофотонная эмиссионная томография (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), которые позволяют перенести информацию относительно анатомических изменений, функции, метаболизма с макроскопического на молекулярный уровень.

Радионуклидные методы исследования, включающие в себя ОФЭКТ и ПЭТ, позволяют оценить *in vivo* клеточные, молекулярные и биохимические особенности новообразований и нормальных тканей. В то время как в «анатомических» методах диагностики происходит упор на повышение пространственного разрешения и качества изображения, цель использования радионуклидных методов является более специфической – увеличение контраста между опухолью и нормальными тканями.

В сочетании с традиционными методами лучевой диагностики, радионуклидные методы исследования, позволяющие визуализировать биологические процессы, позволили сделать шаг вперед в обнаружении рака. И теперь новыми целями использования радионуклидных методов является разделение различных биохимических изменений в тканях.

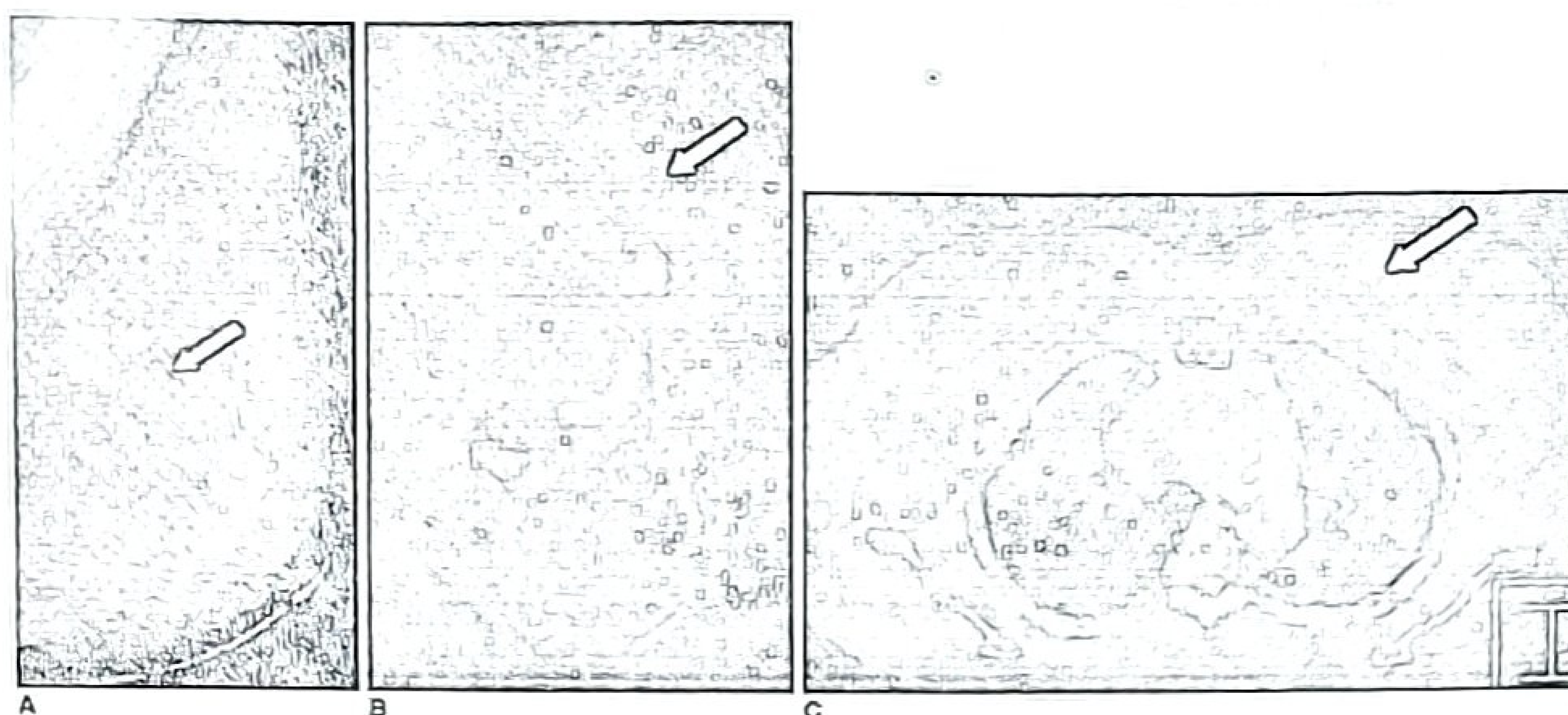
#### **4.2 Оценка первичной опухоли**

Возможность обнаружения рака молочной железы посредством ПЭТ зависит от размера и тканевого строения опухоли. Сообщается, что чувствительность ПЭТ составляет 68% для малых опухолей (меньше 2 см), и 92% для опухолей большего размера (2-5 см), однако, общая точность при выявлении рака *in situ* является низкой (чувствительность составляет 2-25%). Таким образом, главным фактором, ограничивающим использование ПЭТ при визуализации молочной железы, является низкий уровень обнаружения маленьких опухолей и неинвазивного рака.



Протоковый рак *in situ* у 49-летней женщины. А: на УЗИ определяется гипэхогенное объемное образование размером 2,5 см с нечеткими краями, расположенное в верхних отделах левой молочной железы (отмечено стрелками). В: на ПЭТ-КТ скане не выявлено признаков повышенного захвата ФДГ в левой молочной железе. При оперативном вмешательстве подтвердился неинвазивный протоковый рак.

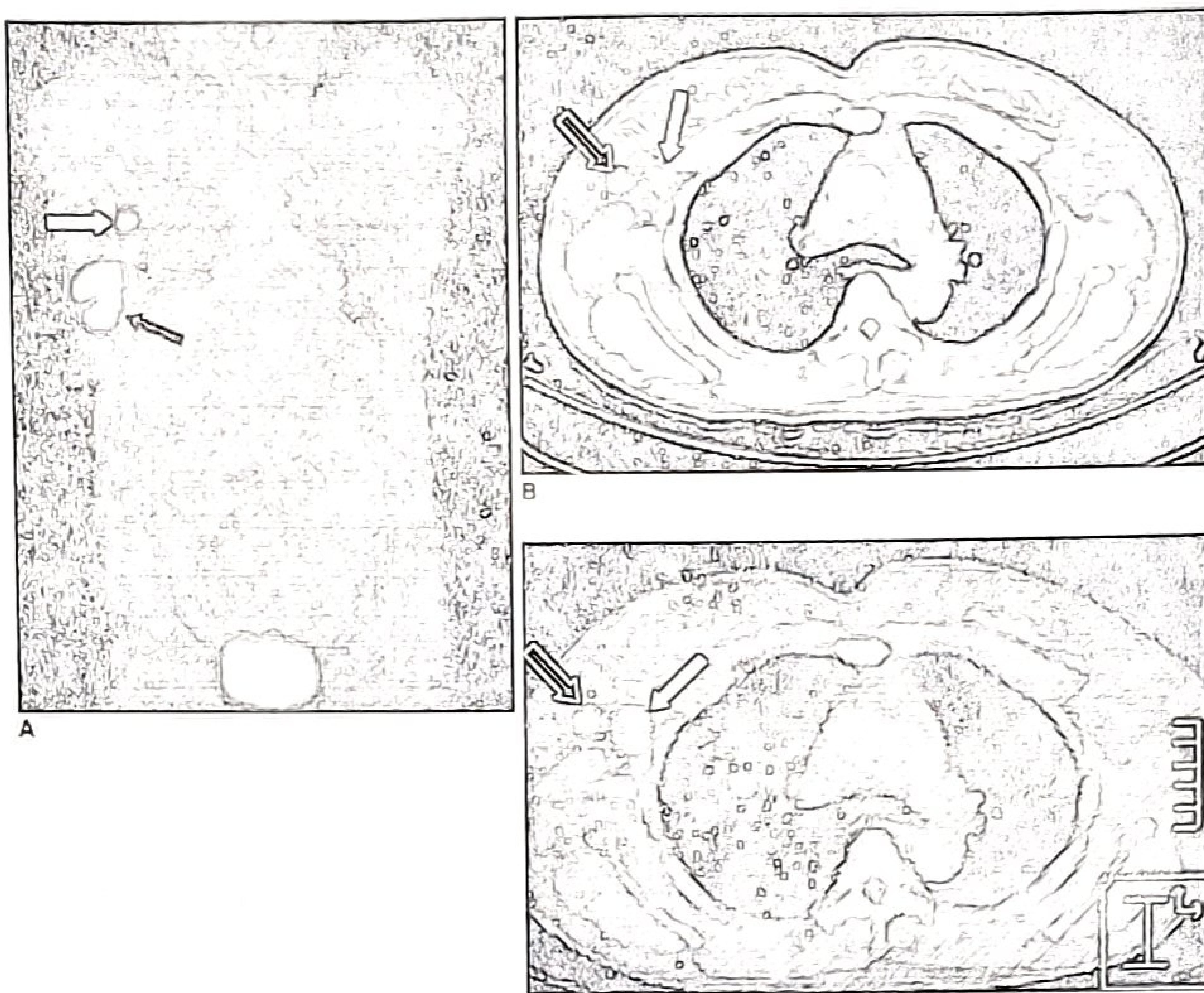
Тем не менее, метод играет важную роль для некоторых групп пациенток, например, с плотными молочными железами либо с наличием имплантов. Позитронно-эмиссионная томография используется для определения множественности опухолевого поражения; для выявления локализации первичной опухоли у пациенток с метастазами, когда маммография неинформативна; а также у тех пациенток, которым противопоказана биопсия. ПЭТ-КТ имеет потенциальные преимущества перед изолированной ПЭТ при оценке поражений малого размера, в которых может быть выявлен пониженный захват ФДГ вследствие эффекта частичного объема при ПЭТ, так как гиперметаболизм глюкозы может быть характерен и для патологических, и для нормальных анатомических структур.



Инвазивный рак молочной железы у 57-летней женщины. А: на скрининговой рентгенограмме левой молочной железы в косой медиолатеральной проекции определяется объемное образование со спикурообразными краями, размером около 1,1 см (отмечено стрелкой). В: при ПЭТ обнаружен очаг слабо выраженного гиперметаболизма ФДГ (стандартизированный уровень накопления = 1,2) в левой молочной железе. Очаг поражения сложно обнаружить в результате эффекта частичного объема. С: на ПЭТ-КТ определяется очаг гиперметаболизма ФДГ на ограниченном участке (отмечен стрелкой) в левой молочной железе.

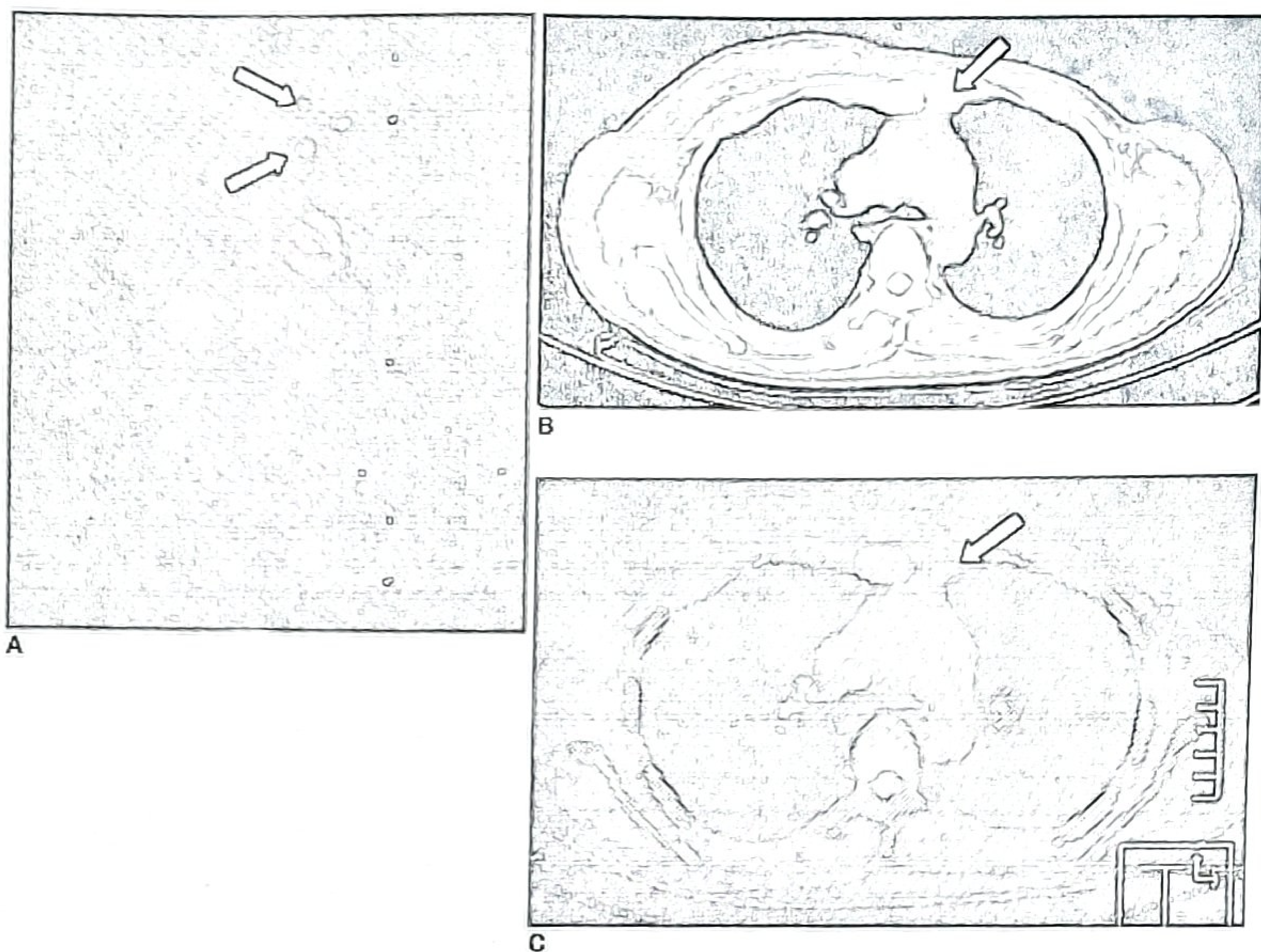
#### 4.3 Оценка вторичного поражения лимфатических узлов

Вторая задача метода — это обнаружение метастазов рака молочной железы в лимфатических узлах. Метастатическое поражение подмышечных лимфоузлов является важным фактором, определяющим прогноз. У пациенток, страдающих раком молочной железы, при вторичном поражении четырех и большего количества лимфоузлов подмышечной группы, имеется значительно более высокий риск рецидива. Сообщается о чувствительности ПЭТ при визуализации подмышечных лимфоузлов у пациенток с раком молочной железы в пределах 79-94%, и специфичности 86-92%. При ПЭТ-КТ можно точно определить местоположение и отличить друг от друга лимфатические узлы, вторично пораженные опухолью, и реактивно измененные (незлокачественные) лимфоузлы, в то время как на КТ будут обнаруживаться лишь множественные увеличенные лимфоузлы подмышечной группы без четких дифференциальных признаков.



Метастазы в подмышечные лимфатические узлы у 45-летней женщины с инвазивным протоковым раком молочной железы. А: на ПЭТ визуализируется очаг гиперметаболизма ФДГ в правой железе (черная стрелка) и в подмышечной области (белая стрелка). В: на КТ определяются два увеличенных подмышечных лимфоузла справа (отмечены стрелками). С: ПЭТ-КТ позволяет определить точную локализацию лимфоузлов, вторично пораженных опухолью (белая стрелка, стандартизированный уровень накопления РФП = 9,9), визуализируется также реактивно измененный лимфоузел (черная стрелка). Среди 21 лимфоуза, удаленного во время операции, метастазы были выявлены только в одном.

Метастазы рака молочной железы во внутригрудные или медиастинальные лимфоузлы часто клинически ничем себя не проявляют. Количество обнаруживаемых патологических изменений со стороны внутригрудных или медиастинальных узлов (у пациенток с метастатическим либо рецидивным раком молочной железы) при ПЭТ почти в два раза больше по сравнению с традиционной КТ. Кроме того, ПЭТ-КТ выглядит более применимой по сравнению с КТ для оценки внутригрудных лимфатических узлов и лимфоузлов средостения, поскольку возможности КТ в обнаружении метастазов в лимфоузлы малого размера довольно ограничены.

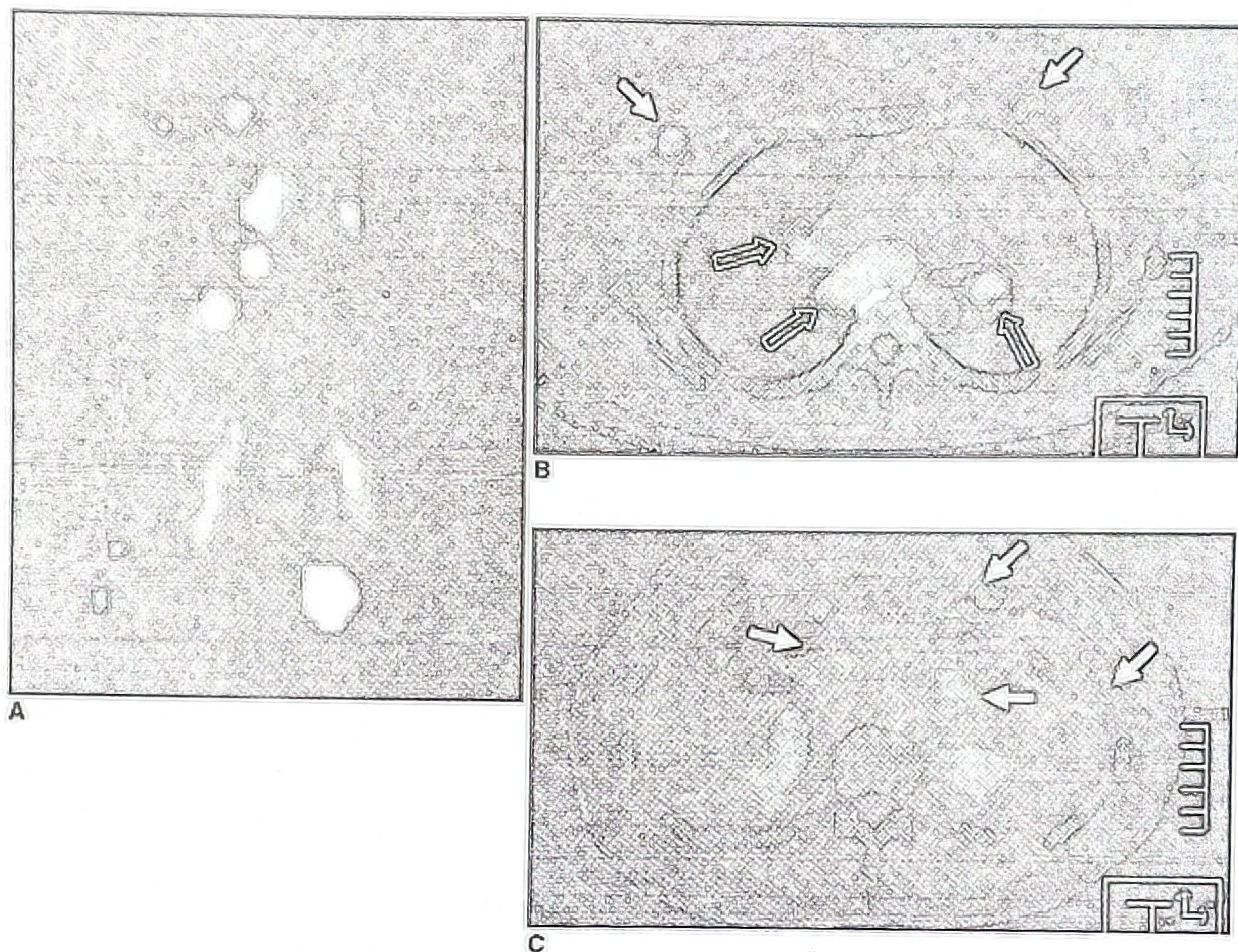


Метастазы в лимфоузлы средостения у женщины, 10 месяцев назад перенесшей модифицированную радикальную левостороннюю мастэктомию. А: на ПЭТ определяются множественные участки гиперметаболизма РФП в верхних отделах грудной клетки слева. В: на КТ визуализируется небольшой участок мягкой тканной плотности в переднем средостении (отмечен стрелкой). В: на ПЭТ-КТ обнаружено, что мягкотканый участок в переднем средостении, выявленный при КТ, соотносится с зоной гиперметаболизма ФДГ, что позволяет предположить метастазы во внутригрудные лимфатические узлы.

#### 4.4 Оценка отдаленных метастазов

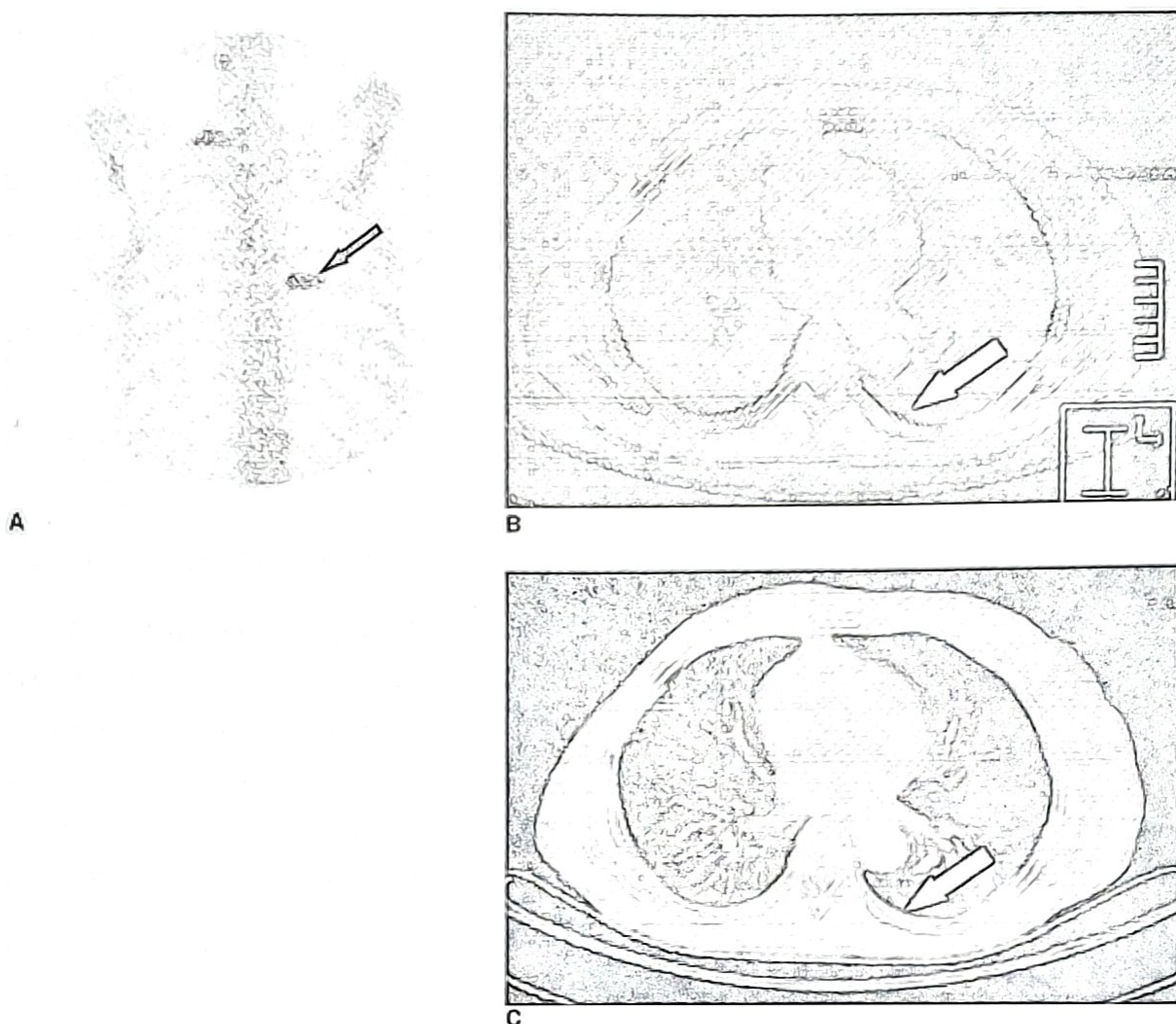
Рак молочной железы часто дает отдаленные метастазы в легкие, печень и кости. Преимуществом ПЭТ всего тела перед традиционными методами диагностики, такими как рентгенография органов грудной клетки, сцинтиграфия скелета и УЗИ органов брюшной полости, является возможность обнаружения отдаленных метастазов в различных областях тела и органах во время одного исследования. Было обнаружено (Moon et al.), что ПЭТ всего

тела обладает высокой диагностической точностью в отношении пациенток, у которых имеется подозрение на рецидив рака или на метастатическое поражение. На основании количества обнаруженных очагов чувствительность метода в обнаружении отдаленных метастазов составила 85%, а специфичность 79%.



Множественные отдаленные метастазы у 44-летней пациентки, страдающей раком обеих желез. А: на ПЭТ определяются множественные зоны гиперметаболизма ФДГ в грудной клетке и брюшной полости. В, С: на ПЭТ обнаружены также зоны гиперметаболизма ФДГ в обеих молочных железах (отмечены белыми стрелками на томограмме В), в лимфоузлах средостения (отмечены черными стрелками на томограмме В), и во внутренних органах (отмечены стрелками на томограмме С).

В исследовании (Cook et al.) было обнаружено, что ПЭТ превосходит сцинтиграфию скелета при выявлении остеолитических метастазов рака молочной железы. И, наоборот, остеобластические метастазы характеризуются низкой метаболической активностью и часто не обнаруживаются посредством ПЭТ. Однако ПЭТ-КТ позволяет преодолеть это ограничение: остеобластические метастазы, даже если они не видны на ПЭТ, будут визуализироваться на КТ-сканах.



Метастазы в кости у 64-летней женщины, которой была выполнена правосторонняя модифицированная радикальная мастэктомия 36 месяцев назад. А: при сцинтиграфии скелета обнаруживаются очаги гиперфиксации ФДГ в первом ребре справа и седьмом ребре слева (стрелки), которые, скорее всего, связаны с метастатическим поражением ребер. В: на ПЭТ-КТ не определяется гиперметаболизма ФДГ в седьмом ребре слева (стрелка). С: на КТ определяется остеобластическое поражение седьмого ребра слева (стрелка).

#### 4.5 Оценка ответа на лечение

В настоящее время лучевые методы диагностики часто используются для определения ответа на терапию путем оценки изменений размеров опухоли. Тем не менее, последовательные измерения размера опухоли во многих случаях не позволяют сделать вывод о наличии раннего ответа. Эффективность ПЭТ при оценке ответа на терапию была подтверждена для различных типов новообразований. В исследовании (Smith et al.) было показано, что средняя редукция захвата ФДГ после первого курса химиотерапии была в

большей степени выражена в очагах, для которых макроскопически был обнаружен частичный или полный ответ, или полный ответ при микроскопическом исследовании, по сравнению с резистентными поражениями при гистопатологическом исследовании. По данным (Rose et al.) после единственного курса химиотерапии при помощи позитронно-эмиссионной томографии было возможно спрогнозировать полный ответ на терапию при патогистологическом исследовании, чувствительность при этом составляла 90%, а специфичность 74%. Если принять степень снижения захвата ФДГ меньше 55% от первоначального значения за пороговое значение, свидетельствующее о наличии реакции на лечение, изменения на ПЭТ у всех респондентов в данном исследовании были корректны и подтвердились патогистологически (100% чувствительность и 85% специфичность).

#### **4.6 Контроль рецидива опухоли**

Раннее распознавание рецидива опухоли является важным моментом, улучшающим выживаемость, поскольку подталкивает клиницистов к использованию различных способов лечения. Однако отличить истинный рецидив от постоперационных и лучевых изменений сложно при использовании лишь традиционных методов лучевой диагностики. При ограниченном, регионарном рецидиве преимущественно поражается молочная железа, кожа, подмышечные и надключичные лимфоузлы, а также грудная стенка.

Было обнаружено, что чувствительность и специфичность ПЭТ при обнаружении рецидива составляет 84% и 78% соответственно, в то время как чувствительность и специфичность традиционных методов исследования 63% и 61% соответственно. Предполагается, что ПЭТ является более эффективным методом оценки рецидива рака молочной железы по сравнению с традиционными методами визуализации в плане обнаружения изменений всего тела. Данные КТ, полученные при ПЭТ-КТ, позволяют установить соответствие анатомических структур и очагов гиперметаболизма ФДГ.

#### **4.7 Расшифровка ПЭТ-КТ при раке молочной железы**

В ряде случаев для повышения достоверности оценки результатов ПЭТ-КТ рекомендуется получить второе мнение специализированного радиолога. Это бывает необходимо при сомнительных или неоднозначных результатах первичного прочтения снимков. Второе мнение по ПЭТ-КТ помогает решить следующие задачи: снижение риска врачебной ошибки, более достоверная оценка первичной опухоли, уточнение стадии заболевания, достоверное исключение признаков метастатического поражения костей, печени или легких. Кроме того, в результате такой консультации онколог получает более

подробное описание исследования, что помогает ему выбрать наиболее подходящий протокол лечения.

### **5. Заключение**

В рамках данного реферата были рассмотрены основные принципы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и их применение в диагностике рака легких и молочной железы.

Применение ПЭТ в диагностике рака легких и молочной железы является высокоэффективным и позволяет обнаруживать и оценивать злокачественные опухоли на ранних стадиях. Одним из основных преимуществ данного метода является его способность к функциональной диагностике, то есть определению активности опухоли и степени ее распространения в организме. Это позволяет выявить метастазы, оценить эффективность проводимого лечения и прогнозировать дальнейший ход заболевания.

Таким образом, ПЭТ является мощным инструментом в диагностике рака легких и молочной железы, который позволяет выявлять злокачественные опухоли на ранних стадиях, определять степень их распространения и оценивать эффективность лечения. Этот метод имеет большой потенциал для применения в клинической практике и может стать основой для разработки новых подходов к диагностике и лечению рака. Однако необходимо отметить, что ПЭТ является дорогостоящим и требует специального оборудования и квалифицированных специалистов, поэтому его широкое внедрение может быть ограничено финансовыми и техническими возможностями. В будущем, с развитием технологий и снижением стоимости, можно ожидать расширения применения ПЭТ и улучшения доступности этого метода для пациентов с раком легких и молочной железы.

## 6.Список литературы.

1. Fisher ER, Costas K, Fisher B, Redmond C, Koerner F, Palekar AS. Pathologic findings from the National Surgical Adjuvant Breast Project Protocol B-06: 10-year pathologic and clinical prognostic discriminants. *Cancer*. 1993 Jul 15;72(2):313-26.
2. Caravan P, Ellison JJ, McMurry TJ, Lauffer RB. Gadolinium(III) chelates as MRI contrast agents: structure, dynamics, and applications. *Chemical reviews*. 1999 Mar 10;99(9):2293-352.
3. Fisher ER, Costas K, Fisher B, Redmond C, Koerner F, Palekar AS. Pathologic findings from the National Surgical Adjuvant Breast Project Protocol B-06: 10-year pathologic and clinical prognostic discriminants. *Cancer*. 1993 Jul 15;72(2):313-26.
4. McCrea R, Rangaswamy B, Cozzi L, et al. 18F-FDG PET/CT: evidence-based recommendations in initial staging and monitoring response to treatment of patients with lung cancer. *Clin Radiol*. 2018;73(5):427-437.
5. <http://oncosurgery.oncology.ru/archive/2019/01/> журнал «Онкохирургия» 2019 г
6. Василий Вишняков. [teleradiologia.ru/](http://teleradiologia.ru/) пэт-кт-молочная-лимфоузлы-метастазы/ Рак груди (молочной железы) — лечение и диагностика.2017г 1-7ст.
7. Павел Попов, David Ladrón de Guevara Hernández. The Role of PET/CT Imaging in Lung Cancer. [teleradiologia.ru/](http://teleradiologia.ru/)пэт-кт-рак-легких-метастазы-лимфоузлы. Диагностика рака легких ПЭТ-КТ. 2017г. 1-10ст.