

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ (MEDICAL SCIENCES)

УДК 616-78

Ефремова Д.С.

студентка 2 курса, лечебный факультет

Медицинский институт

Пензенский государственный университет

(Россия, г. Пенза)

Научный руководитель:

Ильина Н.Л.

к.м.н, доцент, лечебный факультет:

кафедра "Физиология человека"

Медицинский институт

Пензенский государственный университет

(Россия, г. Пенза)

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВЫ

***Аннотация:** ядерная медицина в наше время достаточно быстро развивается и внедрение усовершенствованного оборудования, такого как ПЭТ / КТ с продольным полем зрения, позволяет по-новому взглянуть на данную область медицины. Данная система обладает большими преимуществами по сравнению со стандартными системами. Одно из отличий состоит в том, что для использования системы LAFOV (ПЭТ / КТ с продольным полем зрения) требуется меньшее количество радиофармпрепаратов, в связи с чем становится возможным применение методов двойного отслеживания. Помимо этого, в поле зрения системы захватывается изображение всего тела, что делает возможным изучение взаимодействия всех органов человека и проведение системного анализа всего организма. В данной статье рассмотрена новая разработка из области ядерной медицины.*

***Ключевые слова:** ПЭТ /КТ, позитронно-эмиссионная томография, ПЭТ всего тела, ПЭТ /КТ с продольным полем зрения, ПЭТ/КТ-сканер, ПЭТ/КТ-визуализация.*

Онкологические болезни занимают второе место по смертности в мире, и уровень заболеваемости постоянно растет. Своевременная диагностика способствует быстрому решению данной проблемы, а для этого необходимо оборудование, которое могло бы быстро и наиболее безопасно для здоровья человека обнаружить рак на ранних стадия его развития. Более современным в этом плане является ПЭТ/КТ-сканер.

Ядерная медицина — раздел медицинской радиологии, использующий радионуклиды и ионизирующие излучения для исследования функционального и морфологического состояния организма, а также для лечения заболеваний человека [1]. Радиофармацевтические препараты — это лекарственные средства, которые в готовой для использования форме содержат один или несколько радионуклидов (РН). РФП являются основным инструментом ядерной медицины. Использование ионизирующего излучения распада короткоживущих изотопов (радионуклидов) для диагностики и лечения заболеваний человека отличает ядерную медицину от таких разделов медицинской радиологии, как лучевая терапия и рентгенологические методы исследования. Ядерная медицина возникла и развивалась на стыке физики, химии, биологии и клинической медицины. Считается, что она выделилась в отдельную науку примерно между 1934 годом (Ирен и Фредерик Жолио-Кюри обнаружили, что радиоактивные элементы можно создавать искусственно) и 1946 годом (Сэм Сейдлин сообщил об эффективном лечении рака щитовидной железы с помощью радиоактивного йода). К методам диагностики ядерной медицины относят ОФЭКТ (однофотонную эмиссионную компьютерную томографию) и ПЭТ (позитронно-эмиссионную томографию) [2]. Использование позитронно-излучающих радиофармпрепаратов для визуализации функций человека восходит к новаторской работе 1950-х годов и за эту долгую историю претерпело ряд революционных изменений. Примеры включают чрезвычайно успешное внедрение первого ПЭТ-сканера с одним кольцом, первого позитронно-

эмиссионный томограф в 1975 году и разработку трехмерных ПЭТ-систем. Одним из глубоких изменений стало успешное внедрение мультимодальной ПЭТ / КТ визуализации на рубеже XXI века. В настоящее время ПЭТ / КТ-визуализация играет центральную роль в постановке диагноза и лечении ряда видов рака. Проблемы и сложности, связанные с предоставлением гибридной функциональной и анатомической визуализации, оказали глубокое влияние на обучение и организацию данной области.

Детекторы, используемые в системах ПЭТ / КТ, долгое время состояли из сцинтилляционных кристаллов в сочетании с обычными фотоумножительными трубками. Замена этой технологии твердотельными детекторами на основе кремниевых фотоумножителей была важной недавней разработкой в области ПЭТ-визуализации; эти системы предлагают ряд технических преимуществ, которые преодолевают ограничения предыдущих аналоговых систем. В частности, значительно улучшенное разрешение по времени пролета позволяет снизить уровень шума и повысить чувствительность времени пролета, что приводит к улучшению клинических показателей, включая лучшее качество изображения и обнаружение повреждений. Учитывая тот факт, что чувствительность сканера и шум изображения являются важными ограничивающими факторами при ПЭТ-визуализации, все чаще разрабатываются сканеры с большим осевым полем зрения, такие как Biograph mCT, Biograph Vision 600 и недавно описанная система ПЭТ / КТ GE Discovery MI. Комбинация твердотельных детекторов с увеличенным охватом осевого поля зрения представляет важное улучшение по сравнению с предыдущим поколением сканеров и демонстрирует повышенную чувствительность к фотонам и скорость подсчета эквивалента пикового шума [3]. Существенный шаг вперед был сделан с внедрением ПЭТ-систем с расширенным полем зрения, таких как PennPET Explorer и uExplorer, а также Biograph Vision Quadra. Системы можно рассматривать как новую, действительно революционную конструкцию. Впервые теперь возможно получить изображение головы и всего

туловища одновременно у взрослых людей, что дает новое и уникальное представление о функциях и физиологии человека.

Занимаемая площадь системы продольного (длинноосевого) поля зрения (LAFOV) имеет то преимущество, что ее можно установить в смотровом кабинете с теми же размерами, что и у стандартной системы аксиального поля зрения (SAFOV), что означает, что не требуется никаких сложных или дорогостоящих настроек инфраструктуры.

С неуклонно растущим числом клинических показаний для ПЭТ / КТ, спрос на услуги ПЭТ растет, увеличивая нагрузку на списки ожидания. Поэтому существует четкое обоснование для увеличения пропускной способности пациентов во многих центрах ПЭТ / КТ, и возможность сканировать больше пациентов с меньшей активностью является привлекательной перспективой. Стандартная съемка в течение 2 минут на положение кровати может занять от 15 до 20 минут на системе SAFOV в зависимости от длины тела. С системой LAFOV сопоставимое изображение может быть получено всего за 2 минуты при использовании стандартных действий, с возможностью поддержания адекватного качества изображения всего за 30 секунд. Учитывая дополнительные 8 минут на то, чтобы положить пациента на стол для осмотра и снять его с него, 60 пациентов можно было бы получить изображение на одном сканере LAFOV в течение 10-часового рабочего дня, хотя дополнительные исследования, такие как КТ с контрастным усилением, могут потребовать дополнительного времени. Однако это привело бы к значительному увеличению пропускной способности для большинства центров, и для выполнения этого сложного графика потребуется гораздо больше персонала [6].

Одним из преимуществ системы LAFOV является возможность захвата всего человеческого организма в одном поле зрения. Эта возможность получения изображения всего туловища представляет собой значительное преимущество, например, при изучении взаимодействия органов всего тела или для обеспечения кинетической визуализации всего тела и многих органов,

который потенциально раскрывает идеи, которые предыдущее поколение SAFOV не могло предоставить. Статистическая визуализация всего тела с высоким количеством показателей дает возможность исследовать фармакокинетические данные всего организма и межорганных взаимодействий.

Значительно более высокая плотность подсчета приводит к увеличению объемов данных, которые могут достигать 4-5 ГБ при стандартном сканировании SAFOV и 40-50 ГБ при сканировании LAFOV. Для повседневных клинических целей эти размеры данных не влияют на архивирование и просмотр клинических изображений, если в системах клинического архивирования хранятся только вторичные статические реконструкции. Однако часто бывает так, что при проведении исследований требуется хранение и последующее извлечение полного набора исходных данных для конкретных реконструкций или анализа исходных данных, которые создают чрезмерную нагрузку на ИТ-сети. Именно поэтому имеется необходимость обустройства дополнительной инфраструктуры.

Вместо того, чтобы фокусироваться на пропускной способности, системы LAFOV могут обеспечить существенное снижение применяемой активности и, следовательно, дозы облучения для пациента и лиц, осуществляющих уход, а также позволить большему количеству пациентов пройти обследование на предмет заданной активности радиофармпрепарата. В некоторых приложениях системы LAFOV могут использоваться для сканирования там, где доступны следовые количества радиоактивного индикатора, например, при визуализации радиофармпрепаратов с длительным периодом полураспада, таких как $[^{89}\text{Zr}]$. При определенных обстоятельствах могут быть выполнены измерения очень низкой активности. Метод низких доз очень хорошо подходит для визуализации детей. Более того, можно использовать стандартные дозы, но с более короткими протоколами обследования, что может снизить вероятность необходимости анестезии, и ПЭТ / КТ потенциально имеет очень важные преимущества в этом отношении по сравнению с длительными процедурами

сканирования, встречающимися при МРТ всего тела. Однако при снижении активности необходимо соблюдать осторожность, чтобы качество сканирования не ухудшалось, когда изображения с более высоким уровнем шума могут скрывать небольшие повреждения [5]. Усилия по снижению дозы, скорее всего, сделают ПЭТ более жизнеспособным методом в педиатрии и акушерской визуализации, как чувствительный инструмент скрининга и как более приемлемый инструмент для исследований со здоровыми людьми или для исследований с несколькими индикаторами.

Визуализация может быть возможна в течение многих периодов полураспада без ухудшения качества изображения, и впечатляющие результаты были получены для очень длинных индикаторов периода полураспада, таких как [89 Zr]. Ранее, при использовании сканеров с низкой чувствительностью, системы были ограничены высоким уровнем шума изображения или необходимостью использования значительно более высоких доз радиофармпрепарата. Теперь, используя системы LAFOV, можно получать данные с высокой плотностью подсчета в разумные сроки. Более высокая чувствительность может быть использована для получения высококачественных изображений после почти четырех периодов полураспада с улучшенным поглощением поражения и меньшим фоном. Более того, этот больший динамический диапазон охватывает более широкий временной диапазон кинетических данных. Также ясно, что ряд опухолевых образований лучше всего визуализируется с помощью нескольких индикаторов. В качестве альтернативы нескольким сеансам визуализации или необходимости двух сканирований с полной дозой, гибкость LAFOV для получения качественно приемлемых сканирований при низкой дозе дает возможность беспрепятственно выполнять дополнительную визуализацию со вторым индикатором при низкой дозе или наоборот. Одним из препятствий для внедрения протоколов с двумя индикаторами в ПЭТ / КТ является неспособность различать сигнал от каждого индикатора, хотя сокращенные динамические протоколы могут использоваться

для различения кинетического поведения каждого индикатора или для визуализации быстрых гамм и триплетов было предложено различать чистый позитрон и триплеты не чистые позитронные излучатели; высокая чувствительность LAFOV хорошо подходит для этих методов и является особенностью, которую будущие пользователи этих систем могут изучить [4].

ПЭТ-изображения LAFOV характеризуются высоким временным и пространственным разрешением. Кинематографическая визуализация обеспечивает реалистичную 3D-визуализацию анатомических структур, которая может быть полезна в образовательных сценариях и при демонстрации сложной 3D-анатомии на междисциплинарных встречах, а теперь может быть применена и к данным ПЭТ. Более того, изображения с низким уровнем шума и высоким сигналом могут позволить улучшить количественную оценку ПЭТ. Среди многочисленных проблем, которые необходимо решить при получении повторяемых и надежных радиомикрологических данных, особой проблемой является их чувствительность к шуму, для решения которых могут быть хорошо приспособлены малошумящие высококачественные устройства LAFOV.

Новаторский PennPET и первые коммерчески доступные системы, безусловно, не станут последним словом в области ПЭТ LAFOV, и ожидаются дальнейшие разработки в области ПЭТ-технологий. Например, там, где стоимость сканера тесно связана со стоимостью сцинтилляционных кристаллов.

ПЭТ-технологии претерпели значительные изменения за всю историю ядерной медицины, некоторые из которых привели к значительным изменениям в этой области. К одному из таких преобразований можно отнести внедрения гибридной визуализации, благодаря чему ПЭТ / КТ стала стандартным исследованием для диагностики ряда заболеваний. Системы LAFOV имеют значительные преимущества по сравнению с аналоговыми предыдущих годов. Изображение всего тела, полученное на данной системе, может дать представление о межорганных взаимодействиях всего организма, а ускорение получения результатов увеличить пропускную способность исследования.

Значительным преимуществом является снижение дозы радиофармпрепарата, помимо этого сочетание двух и более низкодозированных исследования могут быть полезны для более полного изучения биологии опухоли. Снижение уровня шума способно улучшить качество изображения, что позволяет раскрыть более глубокую патофизиологию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бажукова, И.Н. Технологии ядерной медицины. /И.Н. Бажукова, С.И. Бажуков, А.А. Баранова // Издательство Уральского университета. 2022. С. 77-97.
2. Бекман, И.Н. Радиационная и ядерная медицина: физические и химические аспекты. // ОнтоПринт. М. 2012. С. 262-315.
3. Budinger TF. PET instrumentation: what are the limits?// Semin Nucl Med. 1998;28:247-267. doi: 10.1016/s0001-2998(98)80030-5.
4. Czernin J, Sonni I, Razmaria A, Calais J. The future of nuclear medicine as an independent specialty.// J Nucl Med. 2019;60:3S–12S. doi: 10.2967/jnumed.118.220558.
5. Daube-Witherspoon ME, Cherry SR. Scanner design considerations for long axial field-of-view PET systems. // PET Clin. 2021; 16 :25–39. doi: 10.1016/j.cpet.2020.09.003.
6. Ian Alberts and others. Long-axial field-of-view PET/CT: perspectives and review of a revolutionary development in nuclear medicine based on clinical experience in over 7000 patients.// Cancer Imaging. 2023; 23:28. doi: 10.1186/s40644-023-00540-3.

Efremova D.S.

2nd year student, Faculty of Medicine

Medical Institute

Penza State University

(Russia, Penza)

Scientific advisor:

Ilyina N.L.

PhD, Associate Professor,

Faculty of Medicine: Department of "Human Physiology"

Penza State University

(Russia, Penza)

NUCLEAR MEDICINE AND ITS PROSPECTS

Abstract: *nuclear medicine is developing quite rapidly nowadays and the introduction of advanced equipment such as PET / CT with a longitudinal field of view allows us to take a fresh look at this area of medicine. This system has great advantages over standard systems. One difference is that LAFOV (Longitudinal Field-of-View PET/CT) requires fewer radiopharmaceuticals, making dual-tracking techniques possible. In addition, the image of the whole body is captured in the field of view of the system, which makes it possible to study the interaction of all human organs and conduct a system analysis of the whole organism. This article discusses a new development from the field of nuclear medicine.*

Keywords: *PET/CT, positron emission tomography, whole body PET, PET/CT with longitudinal field of view, PET/CT scanner, PET/CT imaging.*