

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

УДК 616.895.4:616.12-052:615.859

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ: ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПЕРФУЗИИ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ, ОЦЕНКА СОКРАТИМОСТИ ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА

К.В. Завадовский, А.Н. Панькова, Н.Г. Кривоногов, Ю.Б. Лишманов

НИИ кардиологии СО РАМН, Томск
E-mail: nuclear@cardio.tsu.ru

RADIONUCLIDE DIAGNOSTICS OF PULMONARY EMBOLISM: IMAGING OF PERFUSION AND LUNG VENTILATION, EVALUATION OF CONTRACTILITY OF THE RIGHT VENTRICLE IN PULMONARY EMBOLISM

K.V. Zavadovsky, A.N. Pankova, N.G. Krivonogov, Yu.B. Lishmanov

Institute of Cardiology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk

В первой части обзора представлены основные сведения о распространенности, этиологии, патогенезе и исходах тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Приводятся данные о механизмах развития легочной гипертензии, дисфункции и недостаточности правого желудочка, присущих тромбоэмболии. Представлены сведения о низкой специфичности клинических проявлений данного заболевания, что определяет необходимость применения инструментальных методов его диагностики. Во второй части обзора приводятся данные о радионуклидной диагностике ТЭЛА в сравнении с другими современными лучевыми методами исследования. По данным ряда авторов, показатели диагностической точности вентилиционно-перфузионной сцинтиграфии, при поражении крупных ветвей легочной артерии, сопоставимы с таковыми при использовании МР и КТ ангиопульмонографии. В то же время, при подозрении на тромбоэмболию дистальных ветвей легочной артерии диагностическая ценность сцинтиграфического исследования значительно возрастает. Третья часть обзора посвящена современным подходам к оценке функционального состояния правого желудочка у пациентов с ТЭЛА. На основе результатов опубликованных экспериментальных и клинических работ приводятся аргументы в пользу того, что радионуклидные методы исследования, по точности определения основных показателей сократимости правого желудочка, не уступают, а иногда и превосходят другие модальности, и могут быть использованы для оценки тяжести и прогноза течения правожелудочковой недостаточности у пациентов с ТЭЛА.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, вентилиционно-перфузионная сцинтиграфия легких, правый желудочек, радионуклидная равновесная вентрикулография.

The first part of the review presents the basic facts about epidemiology, etiology, pathogenesis and outcomes of pulmonary embolism (PE). Mechanisms of development of pulmonary hypertension, dysfunction and failure of right ventricle peculiar for PE are described. Information about low specificity of clinical signs of PE and thus the necessity of instrumental methods of diagnostics are represented. The second part of the review defines radionuclide diagnostics of PE in comparison with other modern radiological modalities. According to some authors, diagnostic accuracy criteria of VQ scintigraphy in case of great vessels pulmonary embolism are comparable to the same criteria when using CT and MR angiography. However in case of distal vessels pulmonary embolism the diagnostic accuracy of radionuclide scintigraphy significantly increases. The third part of the review is devoted to the modern approaches to the assessment of functional condition of right ventricle in patients with PE. In the conclusion, there are arguments based on published experimental and clinical works, in favor of the fact that radionuclide methods are equal or even exceed other diagnostic modality in accuracy of estimating basic parameters of right ventricle contractility and thus may be used for evaluation of severity and prognosis of right ventricle failure in patients with PE.

Key words: pulmonary embolism, ventilation/perfusion lung scintigraphy, right ventricle, balanced radionuclide ventriculography.

По данным Всемирной организации здравоохранения, тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) является третьей по распространенности причиной смерти при сердечно-сосудистых заболеваниях после острого коронарного синдрома и инсульта [35, 63]. Чаще всего ТЭЛА представляет собой осложнение первичного тромботического процесса в венах (глубокие вены нижних конечностей, значительно реже – верхняя полая вена и ее притоки, вены таза, полости живота) или правых камерах сердца [13, 62]. Уменьшение емкости артериального легочного русла при тромбоэмболии приводит к повышению сосудистого сопротивления, гипертензии в малом круге кровообращения и развитию правожелудочковой недостаточности [4, 56].

Данные о заболеваемости ТЭЛА имеют довольно высокую вариабельность – от 0,5 до 2 на тысячу населения в год. По данным J. Heit [38], тромбоэмболия легочной артерии является непосредственной причиной смерти одного из 1000 жителей планеты, а общая частота ТЭЛА составляет около 117 на 100000 населения. По данным Фраммингемского исследования, ТЭЛА составляет 15,6% от всей внутригоспитальной летальности, причем на хирургических больных приходится 18%, а 70–82% составляют больные с терапевтической патологией [69].

В многочисленных работах было убедительно показано, что ТЭЛА клинически правильно диагностируют лишь у 1/3 пациентов [28, 49]. Результаты исследования других авторов [22] свидетельствуют о том, что лишь у 17% пациентов с тромбоэмболией, развившейся на фоне венозного тромбоза, наблюдается характерная клиническая картина, а у 83% пациентов ТЭЛА протекает бессимптомно. При этом летальность от легочной эмболии среди госпитализированных пациентов обусловлена, в большей степени, диагностическими ошибками, чем неадекватностью лечения [7], а своевременная адекватная терапия позволяет уменьшить число фатальных исходов ТЭЛА в 3–4 раза [56].

Еще в 1966 г. академик В.В. Парин [6] убедительно доказал, что сама по себе механическая обтурация даже значительной части сосудистого русла легких не вызывает существенных нарушений гемодинамики. При этом следует обратить внимание на то, что изолированная окклюзия даже магистральной ветви легочной артерии значительно реже приводит к смерти, чем выключение из кровотока нескольких артерий малого диаметра [44]. Существуют многочисленные факты того, что клиническое течение тромбоэмболии мелких ветвей легочной артерии значительно усугубляется при сопутствующей сердечно-легочной патологии, заканчиваясь в ряде случаев летальным исходом [4].

Вероятно, одной из причин несоответствия между тяжестью сердечно-сосудистых расстройств и объемом окклюзии бассейна легочных артерий является активация гуморальных медиаторов вазоконстрикции, которая, в свою очередь, способствует увеличению легочного сосудистого сопротивления (ЛСС) [57].

Легочная гипертензия (ЛГ), развивающаяся при стойком возрастании ЛСС у пациентов с ТЭЛА, сопровождается увеличением напряжения стенок правого желудочка (ПЖ), гипертрофией последнего и, в конце концов, его

дилатацией. В результате происходит выпячивание межжелудочковой перегородки в левый желудочек (ЛЖ) с уменьшением просвета его полости. Наряду с этим, может развиваться ишемия миокарда ПЖ за счет компримирующего воздействия расширенного легочного ствола на правую коронарную артерию [24].

Недостаточное наполнение левого желудочка, связанное с дисфункцией правых отделов сердца, ведет к снижению сердечного выброса, падению системного артериального давления и обеднению коронарной перфузии, повышая риск ишемии миокарда [36]. Результатом указанных изменений может явиться гибель большого. Следовательно, именно нарастающая правожелудочковая недостаточность является основной причиной смерти больных с ТЭЛА [35, 36].

Таким образом, адекватная диагностика ТЭЛА должна включать не только верификацию наличия тромба в ветвях а. pulmonalis, но состояние контрактильной функции правого желудочка, нарушенной, в той или иной степени, при повышении давления в малом круге кровообращения (МКК). Этот факт отражен в рекомендациях Европейского кардиологического общества (2008) [63]. По данным международного регистра ICOPER, именно дисфункция правого желудочка является наиболее значимым предиктором внутригоспитальной летальности [35]. Голландские ученые из группы Rutger Van der Meer [65] считают, что отсутствие признаков дисфункции ПЖ имеет 100% отрицательное предсказательное значение в плане развития неблагоприятных исходов ТЭЛА в течение 3 месяцев наблюдения.

Радионуклидная диагностика тромбоэмболии легочной артерии. Сцинтиграфия легких вошла в клиническую практику в 1964 г., после того как Taplin [61] и Wagner [68] опубликовали свои работы по оценке легочной перфузии у пациентов с ТЭЛА. С тех пор данный метод занял одну из лидирующих позиций в диагностике указанной патологии. На сегодняшний день методика радионуклидного исследования пациентов с подозрением на ТЭЛА предполагает выполнение не только перфузионной (Q), но и вентиляционной (V) пульмоноскантинграфии.

Принцип перфузионной пульмоноскантинграфии основан на временной эмболизации артериально-капиллярного русла легких макроагрегатами альбумина (МАО) человеческой сыворотки, мечеными ^{99m}Tc , после их внутривенного введения. При этом эмболизации подвергается не более 0,1% капиллярного русла, что, с одной стороны, не оказывает существенного влияния на оксигенацию венозной крови, а с другой – вполне достаточно для получения качественных сцинтиграмм. В легочной ткани ^{99m}Tc -МАО постепенно разрушаются и удаляются из организма при помощи ретикулоэндотелиальной системы печени и селезенки [11].

Сцинтиграфическое исследование вентиляции легких проводят с целью повышения специфичности выявленных нарушений перфузии [18]. Принцип метода основан на регистрации внутрилегочного распределения инертных газов (^{133}Xe , ^{81m}Kr) или тонкодисперсных аэрозольных РФП после их ингаляции пациентом. Наиболее часто для приготовления радиоактивных аэрозолей используются меченные ^{99m}Tc твердые частицы графита

(Технегаз) или жидкая дисперсная система на основе ^{99m}Tc -ДТПА (Пентатех) [20]. Приготовление аэрозольной смеси ^{99m}Tc -ДТПА осуществляется с помощью специальных устройств (небулайзеров) позволяющих получать мелкодисперсные частицы диаметром менее 2 мкм [45]. Пациент вдыхает аэрозоль в течение 5–10 мин при обычном ритме и глубине дыхания [59]. Элиминация ^{99m}Tc -ДТПА из организма происходит путем клубочковой фильтрации, при этом биологический период полувыведения РФП у некурящих лиц составляет 80 ± 20 мин [19].

Интерпретация полученных данных основана на сопоставлении результатов вентилиационной и перфузионной сцинтиграфии легких. Патогномоничной для ТЭЛА картиной является наличие областей с нормальной вентилиацией и сниженной перфузией. При этом, для ТЭЛА характерны дефекты перфузии треугольной формы, с четкими контурами, соответствующие, по расположению бассейну тромбированного сосуда. Отсутствие перфузионных дефектов, независимо от состояния вентилиации, а также наличие совпадающих вентилиационно-перфузионных дефектов позволяют с высокой вероятностью исключить ТЭЛА [17, 18, 26].

Лучевая нагрузка на все тело при проведении вентилиационно-перфузионной сцинтиграфии легких составляет от 0,28–0,9 мЗВ [34], что не превышает предельно допустимую дозу. Такая низкая лучевая нагрузка на пациента позволяет неоднократно выполнять повторное исследование для оценки эффективности проводимой терапии [31].

Роль сцинтиграфии в диагностике ТЭЛА. На сегодняшний день большинство исследователей считают, что для корректной диагностики ТЭЛА необходимо выполнение вентилиационно-перфузионных исследований легких не в планарном, а томографическом режиме [43]. Преимущество такого методического подхода заключается в том, что однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) позволяет избавиться от эффектов проекционного наложения бронхолегочных сегментов и лучше визуализировать субсегментарные дефекты перфузии, особенно в медиально-базальных отделах [53]. При этом общая продолжительность ОФЭКТ легких не превышает таковой при планарном полипозиционном исследовании в 6 или 8 проекциях. Широкому внедрению томосцинтиграфических исследований легких способствовали такие факторы, как появление 2- и 3-детекторных гамма-камер, высокоразрешающих коллиматоров, новых алгоритмов реконструкции изображений [23], а также разработка обновленных критериев интерпретации данных [26].

Многие авторы проводили сравнение планарного и томографического режимов записи в оценке чувствительности и специфичности V/Q- сцинтиграфии легких для диагностики ТЭЛА [16, 25, 54, 55]. Отмечено, что ОФЭКТ позволяет выявлять субсегментарные V/Q несоответствия [43] с большей чувствительностью, чем планарное исследование. В исследовании M. Vajc et al. в 2004 г. [14] показано, что чувствительность V/Q ОФЭКТ легких в диагностике ТЭЛА составила 100%, тогда как планарного исследования – 85%. Специфичность ОФЭКТ в данном исследовании составила 93%, а планарного режима 100%. В

исследовании Collart et al. [25] были получены идентичные показатели чувствительности томографического исследования, однако специфичность ОФЭКТ (96%) была выше, чем планарного (78%). Научной группой Reinartz et al. было проведено два исследования по сопоставлению диагностических показателей ОФКТ и планарной сцинтиграфии легких при легочной эмболии [54, 55]. В первом из них [54] чувствительность ОФЭКТ (89–96%) была выше, чем планарного исследования (61–79%), а специфичность обеих методик – приблизительно одинаковой (96–100% для ОФЭКТ и 97–100% для планарного режима записи). Во втором исследовании этого коллегтива, выполненного в 2004 г., чувствительность V/Q сцинтиграфии легких составила, соответственно, 97 и 76% при сопоставлении ОФЭКТ и планарной записи [55]. Специфичность была несколько большей для ОФЭКТ (91%), по сравнению с планарным исследованием (85%). Превосходство томографического режима записи в диагностике ТЭЛА подтверждается также экспериментальными исследованиями, в ходе которых у свиней производилась эмболизация легочных сосудов латексными шариками, меченными ^{201}Tl [15]. В данной работе была показана возможность визуализации эмболов диаметром 2,2–3,7 мм, способных вызывать субсегментарные дефекты перфузии. При этом специфичность и чувствительность планарного исследования составили, соответственно, 67 и 80%, а томографического – 93 и 94%.

В зарубежной литературе при обсуждении вопросов, связанных с диагностическими возможностями сцинтиграфии в диагностике ТЭЛА, часто используется термин “*nodiaagnostic study*”, что дословно можно перевести как “недиагностическое исследование”. Под этим термином понимают исследования, результаты которых не позволяют однозначно высказаться о наличии или отсутствии ТЭЛА. В ряде работ показано, что частота *nodiaagnostic study* значительно снижается при выполнении исследования в томографическом режиме [17, 25, 46].

При получении сомнительных результатов пульмоносцинтиграфии и/или планировании эндоваскулярного лечения легочной эмболии [5], пациентам выполняют прямую рентгеноконтрастную ангиопульмонографию, чувствительность и специфичность которой в диагностике ТЭЛА составляют, соответственно, 98 и 95% [62–64]. Необходимо учитывать, что данный метод является агрессивным, небезопасными и сопряжен с высокой лучевой нагрузкой на пациента [60].

В последние годы для диагностики ТЭЛА все чаще используется рентгеноконтрастная мультиспиральная компьютерно-томографическая ангиография (МСКТА), которая заменила прямую рентгеноконтрастную ангиопульмонографию не менее чем в 90% случаев [58]. Метод МСКТА основан на получении томографического изображения легочных артерий при прохождении по ним рентгеноконтрастного вещества. Данный подход в клинической практике стал предпочтительным, поскольку дает трехмерное топографическое изображение как сосудов, так и тромбов. Этот факт имеет особое значение в ситуациях, связанных с решением о возможном хирургическом вмешательстве, когда необходима оценка точной локализации и протяженности тромботических масс.

Чувствительность этого метода более высока при локализации тромбоза в крупных разветвлениях легочной артерии и заметно снижается при поражении субсегментарных и более мелких артерий. Данное утверждение подтверждается результатами проспективного многоцентрового исследования PIOPED II (Prospective Investigation of Pulmonary Embolism Diagnosis II trial) [26], в котором показано, что положительная прогностическая ценность МСКТА при эмболии на уровне долевых артерий составляет 97%, сегментарных – 68%, субсегментарных артерий – 25%.

Необходимо отметить, что по чувствительности метод сцинтиграфии превосходит МСКТА поскольку позволяет выявить перфузионные нарушения в бассейне дистальных ветвей легочной артерии [17]. Так в исследовании, проведенном Reinartz P. et al. [55], чувствительность МСКТА в диагностике ТЭЛА (при использовании 4-срезового рентгеновского компьютерного томографа) составила 86%, а вентилиционно-перфузионной сцинтиграфии – 97%. Данные проспективного рандомизированного исследования, включающего более 3400 пациентов с подозрением на легочную эмболию, свидетельствуют, что количество ложноотрицательных результатов при выполнении V/Q-сцинтиграфии и МСКТА оказывается идентичным и составляет 1,0–1,2% [14].

По данным Powell [51] чувствительность и специфичность МСКТА в выявлении центральной эмболии легких составляет около 90%. По результатам обширного исследования, выполненного Perrier [47] было показано, что МСКТА имеет чувствительность 70%, а специфичность – 91%. На основании этого было сделано заключение, что "...КТ-ангиография при подозрении на ТЭЛА не должна в клинических условиях использоваться изолированно, но с успехом может заменить прямую ангиографию в комбинации с данными ультрасонографии и сцинтиграфии" [48]. Сходные результаты были получены и в многоцентровом проспективном исследовании Van Strijen с соавт. [66], в котором было установлено, что чувствительность МСКТА составляет 69%, а специфичность – 84%, и что "общая чувствительность МСКТА недостаточна для признания ее единственным методом диагностики при подозрении на ТЭЛА". Кроме того, "этот метод абсолютно оправдан только в том случае, когда имеется эмболия сегментарной или более проксимальной ветви легочной артерии" [65].

Говоря о выборе между сцинтиграфическим исследованием и МСКТА для диагностики ТЭЛА, нужно помнить, что проведение МСКТА требует болюсного введения относительно больших объемов контрастных веществ, оказывающих, как известно, неблагоприятное воздействие на эндотелий сосудов и функцию почек [2, 8, 63]. По этой причине около 20% из числа пациентов с подозрением на ТЭЛА имеют противопоказания для проведения МСКТА в связи с наличием у них почечной недостаточности или аллергии на контрастные вещества [18, 63]. Учитывая сказанное, при подозрении на ТЭЛА пациентам с предрасположенностью к аллергическим реакциям, почечной недостаточностью, с миеломной болезнью, легочной гипертензией, а также беременным и кормящим женщинам следует рекомендовать сцинтиграфическое исследование

легких [53].

Важно отметить, что, по данным Международной комиссии по радиологической защите, лучевая нагрузка на организм пациента при МСКТА (2–6 мЗв) значительно превышает таковую при выполнении сцинтиграфического исследования легких (0,28–0,9 мЗв) [39].

Современные подходы к оценке функции ПЖ у пациентов с ТЭЛА. Как было отмечено ранее, оценка сократительной функции ПЖ является важным звеном в диагностическом алгоритме лучевого обследования пациентов с подозрением на ТЭЛА [63]. Выбор и порядок использования того или иного метода медицинской визуализации в каждом конкретном случае определяется клиническими задачами, состоянием пациента, укомплектованностью медицинского учреждения оборудованием, соображениями лучевой нагрузки и экономическими вопросами.

Общедоступным методом оценки функции сердца является двухмерная *эхокардиография (ЭКО-КТ)*, но ее применение для корректного определения объемных показателей правого желудочка ограничено по причине сложной геометрии последнего [10]. Как известно, полость ПЖ имеет в поперечной плоскости форму полумесяца, а в сагитальной – форму пирамиды и плохо поддается описанию с использованием общепринятых математических подходов.

Наиболее характерными признаками ТЭЛА по данным ЭхоКТ считаются: перегрузка правого желудочка давлением, его гипертрофия, дилатация и гипокинез, а также парадоксальное движение межжелудочковой перегородки [1].

Перегрузка правого желудочка давлением при массивной ТЭЛА происходит по причине повышения систолического и/или среднего давления в легочной артерии (АДла). Эксперты европейского общества кардиологов (ESC) указывают, что повышение давления в легочной артерии обнаруживается практически у 3/4 больных с подобным диагнозом [61]. Научной группой под руководством Ю.Л. Шевченко из Московского Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова [9] были получены практически идентичные результаты – 77%. Однако следует заметить, что в ряде случаев повышение артериального давления в легочной артерии (АДла) даже при массивной ТЭЛА оказывается весьма умеренным [8].

Еще одним косвенным признаком легочной гипертензии следует считать *трикустидальную регургитацию* (не ниже II–IV степеней), которая определяется в 90% случаев массивной ТЭЛА [9]. Степень регургитации может быть различной – от первой (которая в большинстве случаев не вызывает каких-либо опасений и зачастую может определяться даже у здоровых людей) до четвертой.

Одним из наиболее частых признаков ТЭЛА Бокарев И.Н. с соавт. [1] считают появление *дисфункции ПЖ*, признаки которой обнаруживались авторами более чем в 80% наблюдений. Интересно, что нарушения сократимости ПЖ у пациентов с ТЭЛА в 60% случаев выявлялись на фоне нормального уровня системного АД. Эхокардиографическим проявлением правожелудочковой дисфункции принято считать гипокинезию свободной стенки и нарушение диастолы ПЖ, а также парадоксальное движение межжелудочковой перегородки. По данным

Golghaber S.Z. [36] такие изменения выявляются при ЭхоКГ только в том случае, если из кровотока выключается не менее 30% объема сосудистого русла легких. В уже упомянутом исследовании Шевченко Ю.Л. с соавт. [9] признаки дисфункции ПЖ были выявлены еще реже. Вместе с тем, от 18 до 26% случаев массивной ТЭЛА протекает без каких-либо электрокардиографических изменений функции ПЖ [9, 62].

В многочисленных исследованиях была показана возможность оценки размеров правого желудочка у пациентов с ТЭЛА при помощи рентгеновской компьютерной томографии [52, 65]. Первоначально все ограничивалось простым измерением индекса поперечных размеров правого и левого желудочков на поперечных срезах. При этом оказалось, что увеличение данного индекса у пациентов с острой ТЭЛА имеет неблагоприятное прогностическое значение [65]. Позднее были получены данные о том, что реконструкция изображения сердца из срезов, ориентированных для визуализации всех его четырех камер, позволяет более точно охарактеризовать дисфункцию ПЖ у пациентов высокого риска [52]. При необходимости определения сократительной функции желудочков в динамике сердечного цикла прибегают к рентгеновской компьютерной томографии с ЭКГ-синхронизацией [29], что дает возможность без математических допущений определить объемы камер сердца в конце систолы и диастолы. Подтверждением этого являются результаты исследования Halil Dogan et al. [29], в котором указано, что отношение поперечных размеров желудочков сердца к соответствующим значениям их КДО и КСО, полученные у больных с ТЭЛА при выполнении ЭКГ-синхронизированной МСКТА, достоверно превышают аналогичные показатели у пациентов без легочной эмболии. При этом указанные индексы, полученные из 4-камерной проекции без ЭКГ-синхронизации, достоверно между группами не различались. Более того, авторами было показано, что только использование ЭКГ-синхронизированного режима позволило выявить различие в значениях объемных показателей правого и левого желудочков у пациентов с центрально или периферически расположенными тромбами.

Этот же авторский коллектив [30] в 2010 г. опубликовал результаты исследования, целью которого было определение независимых предикторов правожелудочковой дисфункции у пациентов с острой ТЭЛА, а также оценка зависимости между выраженностью дисфункции ПЖ и тяжестью патологического процесса. Результаты ЭКГ-синхронизированной контрастной МСКТА сердца показали, что дисфункция ПЖ, выявленная авторами по снижению его фракции выброса, является высокочувствительным показателем тяжести легочной эмболии. На основании полученных результатов авторы делают вывод, что метод ЭКГ-синхронизированной МСКТА сердца можно использовать для оценки эффективности лечения ТЭЛА.

Анализ диагностических возможностей МРТ в обследовании пациентов с ТЭЛА, чаще всего ограничивается выявлением тромботических масс в легочных артериях [32, 42]. Изучению вопросов дисфункции правого желудочка с применением этого метода посвящено ограниченное количество работ, некоторые из которых носят

экспериментальный характер.

В работе Morikawa T. et al. [47] проводилось сопоставление результатов трехмерной эхокардиографии (3D-ЭХОКГ) и МРТ сердца у пациентов с ТЭЛА. С использованием обоих методов определяли следующие показатели ПЖ: конечно-диастолический и конечно-систолический индексы (КДИ и КСИ), ФВ правого желудочка. Авторами была показана высокая корреляция указанных показателей МРТ и 3D-эхокардиографии. При этом, по данным обоих методов, у больных с легочной эмболией было выявлено увеличение КДИ и КСИ на фоне снижения ФВ ПЖ по сравнению с группой сравнения.

В исследовании Kreitner K.F. [42] была проведена МР оценка структурных и функциональных изменений сердца и легочных сосудов у пациентов с хронической посттромбоэмболической легочной гипертензией (ХПЭЛГ). При этом было показано, что магнитно-резонансная ангиография обладает меньшей чувствительностью в определении тромбов субсегментарной локализации, по сравнению с субтракционной рентгеновской ангиографией. В то же время, МРТ, по мнению авторов, позволяет более точно оценивать значения ФВ ПЖ и максимальной скорости кровотока в легочной артерии у больных ХПЭЛГ. Кроме того, результаты упомянутой работы продемонстрировали отрицательную корреляцию ФВ ПЖ, определенной при помощи МРТ, с ЛСС и средним давлением в легочной артерии.

Вопросам *радионуклидной оценки функции ПЖ* в современной литературе посвящено довольно много работ [21, 27, 40], в большинстве которых обсуждаются особенности метода радионуклидной томовентрикулографии (РТВГ), основанного на ЭКГ-синхронизированной однофотонной эмиссионной томографии кровяного пула сердца. Выполнение РТВГ позволяет получать трехмерное изображение желудочков сердца и вычислять основные гемодинамические показатели: фракцию выброса, конечный систолический и диастолический объем, ударный объем, максимальную скорость изгнания и наполнения, среднюю скорость наполнения за 1/3 диастолы, время максимума наполнения левого и правого желудочков и др. [27].

Точность вычисления показателей функции правого желудочка методом РТВГ была доказана в ряде экспериментальных работ. Так, в 2005 г. группа исследователей под руководством P. De Bondt из университетского госпиталя Гента (Бельгия) [21], используя четырехкамерный фантом сердца, сравнили истинные объемы и фракцию выброса ПЖ со значениями этих показателей, определенными при помощи РТВГ. Обработка результатов РТВГ была выполнена в 3 различных постпроцессинговых параграммах – QBS [48], QUBE [67] и 4D-MSPECT [33]. В результате работы было показано, что значения КДО, КСО и ФВ правого желудочка, вычисленные при помощи указанных программ имеют высокую корреляцию с их истинными (физическими) значениями.

Высокое соответствие показателей ФВ ПЖ, вычисленных при помощи РТВГ или высокопольной МРТ, обнаружил в 2005 г. А. Кјаег из клиники университета Копенгагена (Дания) [40]. Было показано, что пределы нормальных значений для ФВ ПЖ по данным МРТ и РТВГ соста-

вили, соответственно, 49–72 и 40–69%, а для КДИ ПЖ – 37–95 и 29–91 мл/м². При этом была установлена высокая статистическая согласованность указанных параметров (анализ Bland–Altman).

В то же время, работ по радионуклидному выявлению дисфункции правого желудочка у пациентов с ТЭЛА в отечественной и зарубежной литературе практически не встречается. В качестве исключения можно упомянуть статью J. Kjaergaard et al. [41], который на основании данных РТВГ установил, что значения КДО ПЖ у пациентов с ТЭЛА, оказываются достоверно более высокими по сравнению с контрольной группой, а межгрупповых различий по значениям ФВ ПЖ выявить не удается.

В российской научной периодике не встречается работ, посвященных использованию метода РТВГ у пациентов ТЭЛА. Исключением являются опубликованные нами сообщения, в которых не только доказана возможность оценки степени правожелудочковой дисфункции у обсуждаемой категории пациентов, но и предлагаются сцинтиграфические критерии дифференциальной диагностики острой легочной эмболии и хронической постэмболической легочной гипертензии [3].

Таким образом, анализ современной литературы свидетельствует, что методы радионуклидной индикации – вентилиционно-перфузионная сцинтиграфия легких и ЭКГ-синхронизированная равновесная томографикулография – позволяют идентифицировать основные патологические процессы, присущие ТЭЛА – обструкцию легочного сосудистого русла и дисфункцию правого желудочка. Эти данные могут быть использованы для определения тяжести ТЭЛА и оценки результатов ее лечения.

Литература

- Бокарев И.Н., Попова Л.В. Венозный тромбоз эмболизм и тромбоз эмболия легочной артерии. – М: Медицинское информационное агентство, 2005. – 208 с.
- Веснина Ж.В., Литовченко Н.В., Гуляев А.М. и др. Влияние рентгеноконтрастных веществ на основе йода и гадолиния на клеточный состав крови и морфологию почек // Сибирский медицинский журнал (Томск). – 2009. – № 4, вып. 1. – С. 45–49.
- Завадовский К.В., Панькова А.Н., Лишманов Ю.Б. Показатели перфузионной пульмонографии и радионуклидной томографикулографии при немассивной тромбоз эмболии легочной артерии // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 31–35.
- Злочевский П.М. Тромбоз эмболия легочной артерии. – М, 1978. – 416 с.
- Карпенко А.А., Мироненко С.П., Альсов С.А. и др. Динамика качества жизни у больных с хронической постэмболической легочной гипертензией после операции тромбэндартерэктомии из ветвей легочной артерии // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2010. – № 4. – С. 56–60.
- Парин В.В. Патологическая физиология малого круга кровообращения // Патологическая физиология дыхания, системы крови, кровообращения и почек / под ред. С.В. Андреева, Н.А. Федорова. – М.: Медицина, 1966. – С. 265–288.
- Пермяков Н.К. Патология реанимации и интенсивной терапии. – М., 1985. – 275 с.
- Прокоп М. Спиральная и многослойная компьютерная томография: учебн. пособие в 2-х т. / М. Прокоп, М. Галанский; пер. с англ.; под ред. А.В. Зубарева, Ш.Ш. Шотомера. – М.: МЕД пресс-информ, 2006. – Т. 1. – 416 с.
- Шевченко Ю.Л., Линчак Р.М., Тюрин В.П. и др. Массивная тромбоз эмболия легочной артерии. Как “за двумя соснами разглядеть целый лес”? // Сердечная недостаточность – 2008. – Т. 8, № 5. – С. 257–262.
- Шиллер И., Осипов М.А. Клиническая ЭХО-кардиография. – 2-е изд. – М.: Практика, 2005. – С. 344.
- Цыб А.Ф., Зубровский Г.А. и др. Стандартизованные методики радионуклидной диагностики. МЗ СССР Управление онкологической помощи Управления лечебно-профилактической помощи. – Обнинск, 1987. – 379 с.
- Яковлев В.Б. Тромбоз эмболия легочной артерии в многопрофильном клиническом стационаре: дис. ... докт. мед. наук. – М., 1995. – С. 47.
- Anderson F.A.Jr., Spencer F.A. Risk factors for venous thromboembolism // Circulation. – 2003. – Vol. 107. – P. 9–16.
- Anderson D.R., Kuhn S.R., Rodger M.A. et al. Computed tomographic pulmonary angiography vs. ventilation-perfusion lung scanning in patients with suspected pulmonary embolism. A randomized controlled trial // JAMA. – 2007. – Vol. 298. – P. 2743–2745.
- Bajc M. Lung ventilation/perfusion SPECT in the artificially embolized pig // J. Nucl. Med. – 2002. – Vol. 43. – P. 640–647.
- Bajc M., Olsson C.G., Olsson B. et al. Diagnostic evaluation of planar and tomographic ventilation/perfusion lung images in patients with suspected pulmonary emboli // Clin. Physiol. Funct. Imaging. – 2004. – Vol. 24. – P. 249–256.
- Bajc M., Olsson B., Palmer J. et al. Ventilation/Perfusion SPECT for diagnostics pulmonary embolism in clinical practise // Journal of internal medicine. – 2008. – Vol. 264. – P. 379–387.
- Bajc M., Neilly J.B., Miniati M. et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. – 2009. – Vol. 36. – P. 1356–1370.
- Beadsmoore C., Cheow H.K., Szczepura K. et al. Healthy passive cigarette smokers have increased pulmonary alveolar permeability // Nucl. Med. Commun. – 2007. – Vol. 28. – P. 75–77.
- Bondesson E., Bengtsson T., Nilsson L.E. et al. Site of deposition and absorption of an inhaled hydrophilic solute // Br. J. Clin. Pharmacol. – 2007. – Vol. 63. – P. 722–731.
- Bondt De P., Claessens T., Rys B. et al. Accuracy of 4 different algorithms for the analysis of tomographic radionuclide ventriculography using a physical, dynamic 4-chamber cardiac phantom // J. Nucl. Med. – 2005. – Vol. 46(1). – P. 165–171.
- Bounameaux H., Perrier A. Rapid diagnosis of deep vein thrombosis: a comparison between four strategies // Thromb Haemost. – 1999. – Vol. X2. – P. 1360–1361.
- Ceriani L., Ruberto T., Delaloye A.B. et al. Three-dimensional ordered-subset expectation maximization iterative protocol for evaluation of left ventricular volumes and function by quantitative gated SPECT: a dynamic phantom study // J. Nucl. Med. Technol. – 2010. – Vol. 38(1). – P. 18–23.
- Chemla D., Castelain V., Hervé P. et al. Haemodynamic evaluation of pulmonary hypertension // Eur. Respir. J. – 2002. – Vol. 20. – P. 1314–1331.
- Collart J.P., Roelants V., Vanpee D., et al. Is a lung perfusion scan obtained by using single photon emission computed tomography able to improve the radionuclide diagnosis of pulmonary embolism? // Nucl. Med. Commun. – 2002. – Vol. 23. – P. 1107–1113.
- Dalen J.E. New PLOPED recommendations for the diagnosis of pulmonary embolism // Am. J. Med. – 2006. – Vol. 119. – P. 1001–1002.
- Daou D., Coaguila C., Helal B.O. et al. Repeatability of left and right ventricular function measured with ECG-gated blood-pool SPECT versus planar radionuclide cardiac angiography // J. Nucl. Med. – 2001. – Vol. 42. – P. 137.

28. Dartevielle P, Fadel E, Mussot S. et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.* – 2004. – Vol. 23. – P. 637–648.
29. Dogan H., Kroft L.J., Bax J.J. et al. MDCT assessment of right ventricular systolic function // *Am. J. Roentgenol.* – 2006. – Vol. 186. – P. 366–370.
30. Dogan H., Kroft L.J., Huisman M.V. et al. Assessment of right ventricular function in acute pulmonary embolism using ECG-synchronized MDCT // *Am. J. Roentgenol.* – 2010. – Vol. 195(4). – P. 909–915.
31. Donnamaria V., Palla A., Petruzzelli S. et al. Early and late follow-up of pulmonary embolism // *Respiration.* – 1993. – Vol. 60. – P. 15–20.
32. Ersoy H., Goldhaber S.Z., Cai T. et al. Time-resolved MR angiography: a primary screening examination of patients with suspected pulmonary embolism and contraindications to administration of iodinated contrast material // *Am. J. Roentgenol.* – 2007. – Vol. 188(5). – P. 1246–1254.
33. Ficaro E.P., Quaipe R.F., Kritzman J.N. et al. Validation of a new fully automatic algorithm for quantification of gated blood pool SPECT: correlations with planar gated blood pool and perfusion SPECT // *J. Nucl. Med.* – 2002. – Vol. 43. – P. 97.
34. Freeman L.M., Haramati L.B. V/Q scintigraphy: alive, well and equal to the challenge of CT angiography // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* – 2009. – Vol. 36. – P. 499–504.
35. Goldhaber S.Z., Visani L., De Rosa M. Acute pulmonary embolism: clinical outcomes in the International Cooperative Pulmonary Embolism Registry (ICOPER) // *Lancet.* – 1999. – Vol. 353. – P. 1386–1389.
36. Goldhaber S.Z. Thrombolysis for pulmonary embolism // *N. Engl. J. Med.* – 2002. – Vol. 347(15). – P. 1143–1150.
37. Golghaber S.Z. Echocardiography in the Management of Pulmonary Embolism // *Ann. Intern. Med.* – 2002. – Vol. 136(9). – P. 691–700.
38. Heit J.A. The epidemiology of venous thromboembolism in the community: implications for prevention and management // *J. Thromb. Thrombolysis.* – 2006. – Vol. 21. – P. 23–29.
39. Holm L.-E., Cox R. Published on behalf of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) by Elsevier Ltd, 2007. – 34 p.
40. Kjaer A., Lebech A.M., Hesse B. et al. Right-sided cardiac function in healthy volunteers measured by first-pass radionuclide ventriculography and gated blood-pool SPECT: comparison with cine MRI // *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* – 2005. – Vol. 25(6). – P. 344–349.
41. Kjaergaard J., Petersen C.L., Kjaer A., Schaadt B.K. et al. Evaluation of right ventricular volume and function by 2D and 3D echocardiography compared to MRI // *Eur. J. Echocardiography.* – 2006. – Vol. 7. – P. 430–438.
42. Kreitner K.F., Ley S., Kauczor H.U. et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: pre- and postoperative assessment with breath-hold MR imaging techniques // *Radiology.* – 2004. – Vol. 232(2). – P. 535–543.
43. Le Jeune J.J., Maublant J., Lahellec M. et al. Emission computed tomography vs perfusion scanning in lung disease // *Eur. J. Nucl. Med.* – 1982. – Vol. 7. – P. 171–173.
44. Leinassar J.M., Niles N.R. Massive occlusion of the main pulmonary artery and primary branches; case report // *Circulation.* – 1958. – Vol. 17(1). – P. 60–64.
45. Lemb M., Oei T.H., Eifert H. et al. Technegas: a study of particle structure, size and distribution // *Eur. J. Nucl. Med.* – 1993. – Vol. 20. – P. 576–579.
46. Lemb M., Pohlabein H. Pulmonary thromboembolism: a retrospective study on the examination of 991 patients by ventilation/perfusion SPECT using Technegas // *Nuklearmedizin.* – 2001. – Vol. 40. – P. 179–186.
47. Morikawa T., Murata M., Okuda S. et al. Quantitative analysis of right ventricular function in patients with pulmonary hypertension using three-dimensional echocardiography and a two-dimensional summation method compared to magnetic resonance imaging // *Am. J. Cardiol.* – 2011. – Vol. 107(3). – P. 484–489.
48. Oliver R.M., Fleming J.S., Dawkins K.D. et al. Right ventricular function at rest and during submaximal exercise assessed by 81Krm equilibrium ventriculography in normal subjects // *Nucl. Med. Commun.* – 1993. – Vol. 14. – P. 36–40.
49. Pattynama P.M. Meaning of a helical CT angiogram negative for pulmonary embolism // *Radiology.* – 2001. – Vol. 218, No. 3. – P. 913–916.
50. Perrier A., Bounameaux H. Accuracy or outcome in suspected pulmonary embolism // *N. Engl. J. Med.* – 2006. – Vol. 354. – P. 2383–2385.
51. Powell T., Muller N.L. Imaging of acute pulmonary thromboembolism: should spiral computed tomography replace the ventilation-perfusion scan? // *Clin. Chest Med.* – 2003. – Vol. 24. – P. 29–38.
52. Quiroz R., Kucher N., Schoepf U.J. et al. Right ventricular enlargement on chest computed tomography: prognostic role in acute pulmonary embolism // *Circulation.* – 2004. – Vol. 109(20). – P. 2401–2404.
53. Reid J.H., Coche E.E., Inoue T. et al. International Atomic Energy Agency Consultants' Group. Is the lung scan alive and well? Facts and controversies in defining the role of lung scintigraphy for the diagnosis of pulmonary embolism in the era of MDCT // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* – 2009. – Vol. 36. – P. 505–521.
54. Reinartz P., Schirp U., Zimny M. et al. Optimizing ventilation-perfusion lung scintigraphy: parting with planar imaging // *Nuklearmedizin.* – 2001. – Vol. 40. – P. 38–43.
55. Reinartz P., Wildberger J.E., Schaefer W. et al. Tomographic imaging in the diagnosis of pulmonary embolism: a comparison between V/Q lung scintigraphy in SPECT technique and multislice spiral CT // *J. Nucl. Med.* – 2004. – Vol. 45. – P. 1501–1508.
56. Rich S. Тромбоэмболия легочной артерии // *Кардиология в таблицах и схемах / под ред. М. Фрида и С. Грайнс. – М. : Практика, 1996. – С. 538–548.*
57. Said S.I. Mediators and modulators of pulmonary arterial hypertension // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* – 2006. – Vol. 91(4). – P. 547–558.
58. Schoepf U.J. Diagnosing pulmonary embolism: time to rewrite the textbooks // *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* – 2005. – Vol. 21. – P. 155–163.
59. Spies W.G. Ventilation/perfusion scintigraphy // *Nuclear Medicine.* – 1996. – Vol. 2. – P. 1382–1439.
60. Stein P.H., Athanasoulis C., Alavi A. et al. Complication and validity of pulmonary angiography in acute pulmonary embolism // *Circulation.* – 1992. – Vol. 85. – P. 462–468.
61. Taplin G.V., Johnson D.E., Dore E.K. Lung photoscans with macroaggregates of human serum radioalbumin. experimental basis and initial clinical trials // *Health Phys.* – 1964. – Vol. 10. – P. 1219–1227.
62. Torbicki A., Van Beek E.J.R., Arbonnier B. et al. Guidelines on diagnosis and management of acute pulmonary embolism. Task force on pulmonary embolism, European Society of Cardiology // *Eur. Heart J.* – 2000. – Vol. 21. – P. 1301–1336.
63. Torbicki A., Perrier A., Konstantinides S. et al. ESC Committee for Practice Guidelines (CPG). Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: the task force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur. Heart J.* – 2008. – Vol. 29(18). – P. 2276–2315.
64. Van Beek E.J.R., Reekers J.A., Batchelor D. et al. Feasibility, safety and clinical utility of angiography in patients with suspected pulmonary embolism and non-diagnostic lung scan findings // *Eur. Radiol.* – 1996. – Vol. 6. – P. 415–419.

65. Van der Meer R.W., Pattynama Peter M.T. et al. Right ventricular dysfunction and pulmonary obstruction index at helical CT: prediction of clinical outcome during 3-month follow-up in patients with acute pulmonary embolism radiology // *Cardiac Imaging*. – 2005. – Vol. 235(3). – P. 800–802.
66. Van Strijen M.J. Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT as a second procedure following scintigraphy // *Eur. Radiol.* – 2003. – Vol. 13. – P. 1501–1507.
67. Vanhove C., Franken P.R., Defrise M. et al. Automatic determination of left ventricular ejection fraction from gated blood-pool tomography // *J. Nucl. Med.* – 2001. – Vol. 42. – P. 401–407.
68. Wagner H. Jr. Pulmonary scanning // *Northwest Med.* – 1964. – Vol. 63. – P. 857–864.
69. White R.H. The Epidemiology of venous thromboembolism // *Circulation*. – 2003. – Vol. 107. – P. 1–4.

Поступила 01.03.2011