

# Радионуклидная перфузионная сцинтиграфия легких: методика исследования и интерпретация результатов

*М.П. Рубин, О.Д. Кулешова, Р.Е. Чечурин*

*Городская клиническая больница № 23 им. “Медсантруд”, г. Москва*

На современном уровне развития пульмонологии вопрос о рациональном плане консервативного или оперативного лечения больного может решаться только с учетом структурных и функциональных изменений в легких. Наряду с выявлением функциональных нарушений легочного дыхания необходимо учитывать состояние сосудов малого круга кровообращения и бронхиальных артерий, так как от них у этой категории больных в значительной мере зависит не только правильная тактика лечения, его радикальность, но и прогноз в целом. Методика радионуклидного исследования капиллярного легочного кровотока показала свою высокую диагностическую ценность при тромбозах, различных острых и хронических легочных заболеваниях, бронхиальной астме, опухолях [1–3]. Использование меченых частиц началось с середины 60-х годов XX века [4–7].

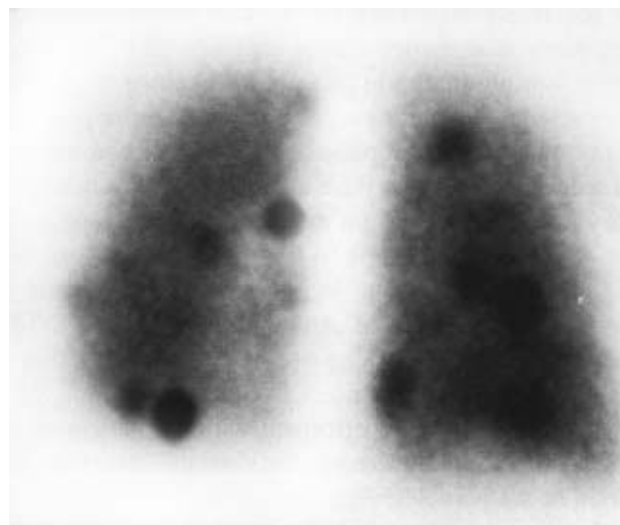
Принцип методики основан на “застревании” радиоактивных частиц в прекапиллярных артериолах или капиллярах легких с временной эмболизацией капиллярного русла. Их распределение пропорционально региональному легочному кровотоку. Эмболизируя 0,1–0,3% [8–10] прекапиллярных артериол (средний их диаметр 20–25 мкм) и легочных капилляров (средний диаметр 8 мкм), частицы радиофармпрепарата (РФП) размерами 10–50 мкм [8, 11] обеспечивают информацию о регионарном капиллярном кровотоке в зонах легкого. Эта эмболизация незначительного объема легочных капилляров достаточна для получения пульмоносцинтиграмм [12] и не влияет на функцию легких и жизнедеятельность организма. Биологический период полувыведения макроагрегата альбумина сыворотки крови (МАО) из легких составляет 2–6,2 ч, эффективный период – 1,5–3 ч [13]. Из легких частицы технеция-МАО удаляются вследствие простой механической эрозии и фрагментации [6] и задерживаются в печени, где под воздействием ферментов превращаются в аминокислоты и пертехнетат, поступают в кровь и выводятся главным образом с мочой.

Задача исследования определяется клиническим диагнозом заболевания и особенностями его течения и предполагает изучение регионарной перфузии.

## 1. Процедура подготовки к исследованию, препараты

Для перфузионной сцинтиграфии легких используются макроагрегаты или микросферы альбумина человеческой сыворотки, меченные <sup>99m</sup>Tc. Размер частиц МАО колеблется от 10 до 100 мкм, диаметр микросфер – от 10 до 50 мкм. Величина вводимой активности РФП составляет в среднем 120 МБк из расчета 1,5 МБк/кг веса. Рекомендуемая доза, по мнению [14], должна содержать оптимальное минимальное число частиц РФП, которое составляет 125000. Другие авторы для большинства взрослых пациентов считают оптимальным введение 200–700 тыс. частиц [15]. Отечественные исследователи рекомендуют для пульмоносцинтиграфии введение 250–300 тыс. частиц МАО (“Диамед”, Россия). При расчетах вводимой дозы следует ориентироваться на данные производителя о количестве частиц в наборе в расчете на 1 мг. В известных коммерческих наборах содержится от 2 до 7 млн. частиц в 1 мг агрегированного альбумина. При легочной гипертензии, легочном сердце, после операции на легких с резекцией доли (долей) доза РФП снижается из-за опасности осложнений, при этом следует учитывать, что не рекомендуется вводить менее 60000 частиц, ибо возможно пятнистое, негетерогенное изображение легочных полей [16].

Внутривенное введение РФП осуществляется чаще в положении лежа на спине (из-за существующей, хотя и чрезвычайно редкой опасности тромбоза легких), при этом распределение препарата происходит наиболее равномерно по зонам. Если обследуемый находится во время инъекции в сидячем положении, то накопление частиц происходит более всего в базальных отделах легких и посте-



**Рис. 1.** “Горячие” очаги повышенной фотонной плотности на сцинтиграммах, вызванные тромбами, содержащими РФП и попавшими в легкие из шприца при инъекции (из [15]).

пенно снижается по направлению к верхушкам, что отражает влияние гравитации. При проведении венепункции появление крови в шприце указывает на введение иглы в полость вены. Во время поступления крови в шприц, содержащий  $^{99m}\text{Tc}$ -МАО, в шприце может происходить образование тромбов, если инъекция задерживается [17]. Предполагают, что РФП, содержащий альбумин, ускоряет в шприце образование тромбов и входит в их состав. В случаях, если тромбы из шприца при инъекции введены в вену, в легких могут образовываться “горячие” очаги повышенной фотонной плотности (рис. 1). Эти “сгустки” могут оставаться в легких в течение нескольких дней (биологический период полураспада 3–5,5 дня или дольше [18]). Пульмоноскintiграфию рекомендуется производить непосредственно после инъекции препарата.

## 2. Инструкция по приготовлению препарата $^{99m}\text{Tc}$ -МАО

1. Определите оптимальное число частиц, которое может быть безопасно назначено. Например, 500 000.

2. Обратитесь к инструкции производителя набора для определения числа частиц во флаконе, взятом из этого набора. Например, 3 000 000.

3. Определите фактор разведения (ФР), необходимый для получения оптимального числа частиц.  $\text{ФР} = \text{число частиц во флаконе} / \text{оптимальное число частиц}$ . Например,

$3\,000\,000 / 500\,000 = 6$ . Для пульмоноскintiграфии 5 назначенным больным с массой тела 80 кг (двое) и 90–100 кг (трое) требуется ввести каждому соответственно 120 и 150 МБк.

4. Рассчитайте объемную активность элюата из генератора  $^{99m}\text{Tc}$  на день и час исследования. Например, вы определили, что объемная активность составила 1600 МБк. Умножьте фактор разведения на оптимально рассчитанную дозу вещества  $((120 \text{ МБк} \cdot 2 + 150 \text{ МБк} \cdot 3) / 5 = 138 \text{ МБк})$ . Фактор разведения умножается на оптимально рассчитанную дозу вещества  $(6 \cdot 138 \text{ МБк} = 828 \text{ МБк})$  – активность изотопа, добавляемая во флакон. Однако, учитывая потери препарата на стенках флакона и шприцев, общую активность необходимо взять несколько большую – 960 МБк. Объем препарата на 1 исследование составляет менее 0,1 мл. Такое количество не может быть взято из фасовки без промежуточного разбавления. Поэтому предварительно элюат (0,6 мл) разбавляется изотоническим раствором хлористого натрия до желаемого объема. В нашем примере – до 1,2 мл (объемная активность 800 МБк), и, таким образом, на одно исследование отбирается соответственно 0,15 мл (120 МБк) и 0,2 мл (160 МБк).

5. Добавьте активность, необходимую для достижения желаемого числа частиц в назначаемой дозе, во флакон из набора (при комнатной температуре). Дайте выстояться при комнатной температуре в течение времени, указанного в инструкции.

6. Храните при нормальных условиях (2–8 С). Срок годности приготовленного препарата указан в инструкции (не менее 1 ч).

### 3. Методика исследования

Наиболее целесообразно выполнять исследование (если это возможно по состоянию пациента) в положении стоя, что позволяет получить изображение легких в неизменной анатомо-топографической позиции. Сцинтиграммы записываются в статическом режиме полипозиционно: в передне-задней, задне-передней и двух боковых проекциях, а также, при необходимости, в косых под углом 45 (левой и правой передней и задней). Набор импульсов на каждую проекцию при планарном исследовании составляет 300 000–500 000. В случае эмиссионной томографии исследования выполняют в динамическом режиме с набором 100 000–150 000 на проекцию.

### 4. Лучевая нагрузка

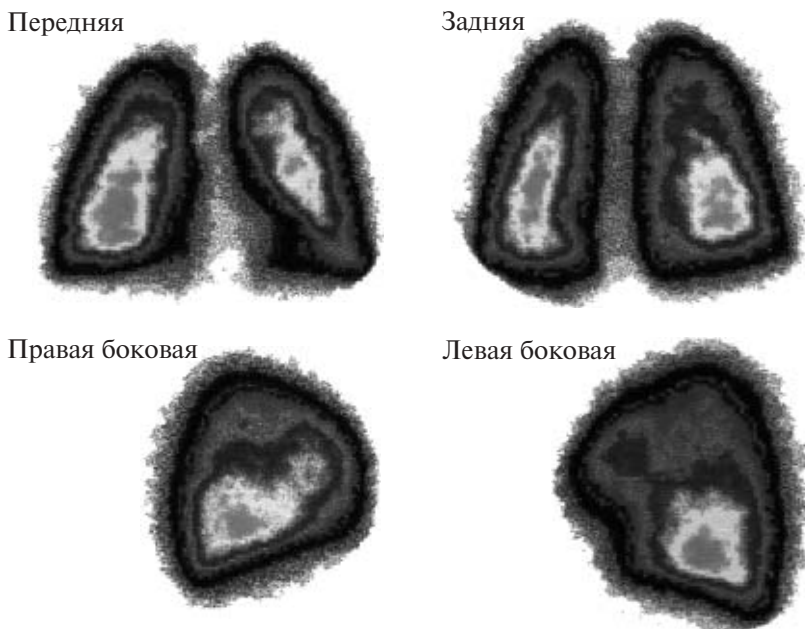
Эффективная эквивалентная доза при перфузионной сцинтиграфии легких с <sup>99m</sup>Tc-макроагрегатами или микросферами альбумина человеческой сыворотки составляет 0,011–0,013 МЗв/МБк [15, 19], т.е. не более 1,56–1,95 мЗв на 1 процедуру при введении 1,5 МБк/кг веса тела.

### 5. Интерпретация результатов исследования

Анализ пульмоносцинтиграмм состоит из качественной (визуальной) и количественной

оценки результатов исследования. Визуальный просмотр сцинтиграмм позволяет оценить четкость границ легочных полей, равномерность распределения РФП, локализацию и размер дефектов накопления препарата. Количественный анализ производится с помощью ЭВМ. Легочные поля правого и левого легких делятся на три равные симметричные зоны (зоны Веста). Счет со всех шести зон обоих легких принимается за 100%, и вычисляется процентное распределение счета по каждой зоне. Следует иметь в виду, что патологические очаги в паренхиме легкого обуславливают нарушение как перфузии, так и вентиляции. Кроме того, любой процесс, ведущий к повышению легочного венозного давления (гипертензия малого круга кровообращения), может вызывать перераспределение легочного кровотока, и тогда вместо нормального преобладания радиоактивности в базальных отделах легких (нижние зоны) возникает недостаточность базальной перфузии и ее увеличение в верхних зонах. Также известно, что у здоровых людей нарушение легочной гемодинамики нередко определяется только при значительном (на 60–70%) снижении легочного кровотока [14].

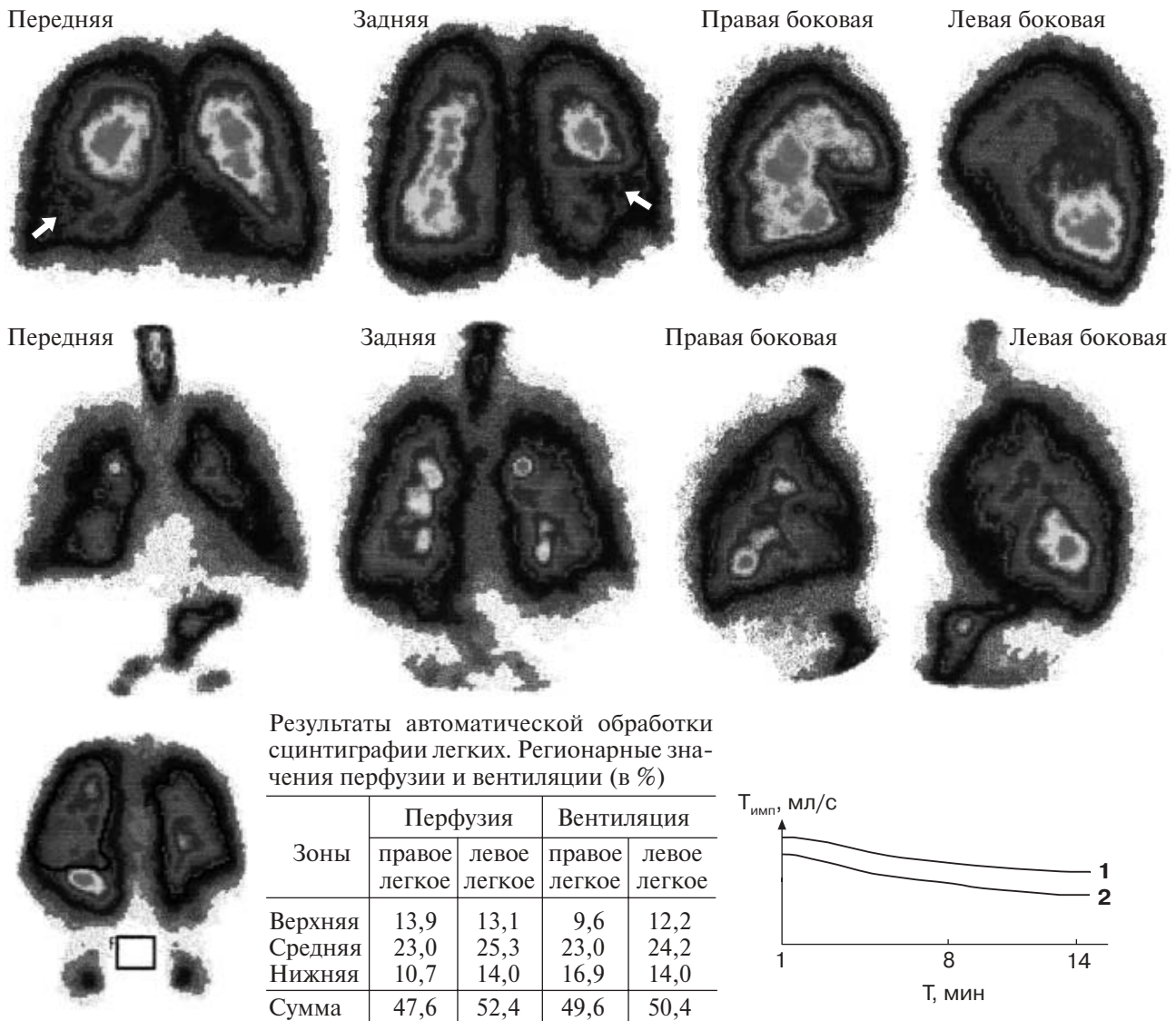
В норме (рис. 2) при визуальной оценке на перфузионных сцинтиграммах определяется равномерное распределение РФП в обоих легких в передне-задней и задне-передней проекциях. Полученные изображения по форме и положению не отличаются от рентгенологической картины легких. Спереди правое и левое



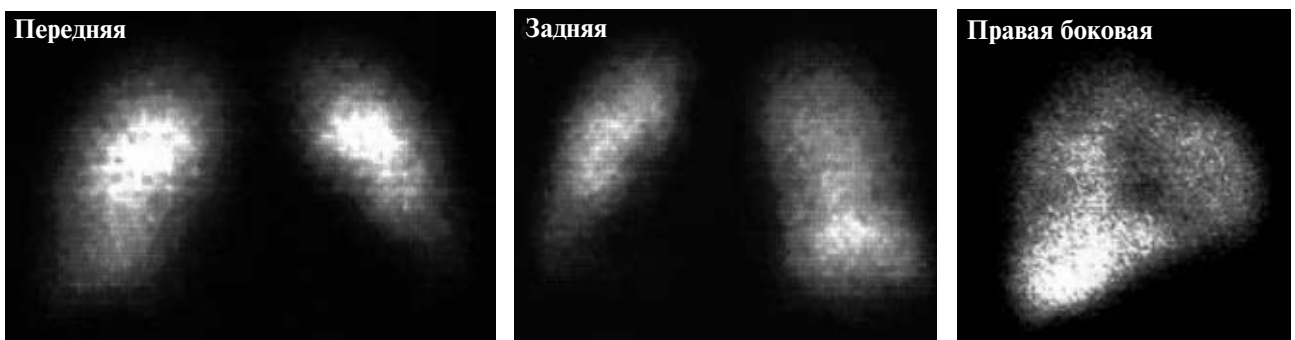
Результаты автоматической обработки сцинтиграфии легких. Регионарные значения перфузии (в %)

Зоны	Легкое	
	правое	левое
Верхняя	10,3	10,6
Средняя	25,6	19,5
Нижняя	19,3	14,7
Сумма	55,2	44,8

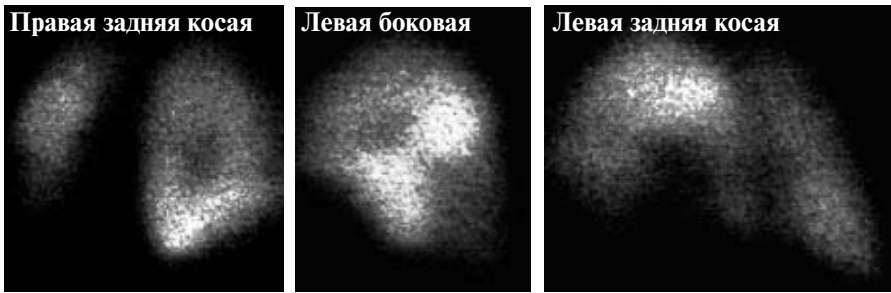
Рис. 2. Перфузионные сцинтиграммы легких здорового человека.



**Рис. 3.** Перфузионные (верхний ряд) и вентиляционные сцинтиграммы легких (средний ряд) и показатели альвеолярно-капиллярной диффузии на кривых активность/время у больного через 1,5 мес после перенесенного инфаркта правого легкого вследствие тромбоэмболии легочной артерии. Сниженная перфузия в зоне перенесенного инфаркта (указана стрелками), вентиляция сохранена. Период полувыведения радиофармпрепарата из правого легкого укорочен. На схеме представлены результаты автоматической обработки динамической сцинтиграфии легких с <sup>99m</sup>Tc-пентатехом. 1 – левое легкое, 2 – правое легкое.



**Рис. 4.** Перфузионные сцинтиграммы легких у больного тромбоэмболической болезнью. Выполнены в лаборатории радиоизотопной диагностики РНЦХ РАМН (руководитель профессор Сvirчевский Е.Б.).



Результаты автоматической обработки скintiграфии легких. Регионарные значения перфузии (в %)

Зоны	Легкое	
	правое	левое
Верхняя	12,9	14,1
Средняя	27,2	19,9
Нижняя	20,6	5,3
Сумма	60,7	39,3

Рис. 4. Окончание.



Результаты автоматической обработки скintiграфии легких. Регионарные значения перфузии (в %)

Зоны	Легкое	
	правое	левое
Верхняя	3,4	14,7
Средняя	25,1	27,1
Нижняя	15,7	14,0
Сумма	44,2	55,8

Рис. 5. Перфузионные скintiграммы легких у больного абсцессом верхней доли правого легкого. Перфузия в области абсцесса снижена (указано стрелками).

легкие разделяются нерадиоактивной зоной, соответствующей проекции органов средостения, сзади, главным образом, экранирующим эффектом позвоночника. Пульмоноскintiграммы в передне-задней проекции отобража-

Результаты автоматической обработки скintiграфии легких. Регионарные значения перфузии (в %)

Зоны	Легкое	
	правое	левое
Верхняя	16,3	3,6
Средняя	38,4	8,5
Нижняя	28,2	4,9
Сумма	82,9	17,1

Рис. 6. Перфузионные скintiграммы легких у больного раком левого верхнедолевого бронха. Устье верхнедолевого бронха обтурировано бугристой опухолью, пролабирующей в просвет главного бронха. Ателектаз верхней доли (указано стрелками).

ют состояние перфузии преимущественно верхней и средней долей справа, верхней доли слева; в задне-передней проекции наиболее полно перфузию нижних долей легких. При количественном анализе процентного распре-

деления найдено, что по сумме проекций  $53,1 \pm 1,20\%$  общего кровотока приходится на правое легкое и  $46,9 \pm 0,90\%$  – на левое легкое. Интенсивность капиллярной перфузии по зонам Веста обусловлена большей массой тканей в средних и нижних зонах относительно верхней зоны и, соответственно, большим содержанием РФП.

В тех случаях, когда РФП содержит мелкие частицы (менее 10 мкм) МАА, последние, пройдя легкие, будут задерживаться в ретикулоэндотелиальной системе, что может привести к ранней визуализации печени и селезенки.

В качестве примеров приводим перфузионные пульмоноскантинграммы больных с тромбоэмболией легочной артерии (рис. 3, 4), абсцессом (рис. 5) и опухолью (рис. 6) легкого.

### Список литературы

1. Боголюбов В.М. Радиоизотопная диагностика заболеваний сердца и легких. М.: Медицина, 1975. 256 с.
2. Буюклян А.Н., Габуня Р.И., Ромагин В.К. Комплексное аэрозольно-перфузионное сканирование при хронических и опухолевых заболеваниях легких // Мед. радиол. 1977. № 1. С. 15–20.
3. Podio V., Francini A., Bertuccio G. et al. D-dimer test in patients with deep venous thrombosis: is it predictive of pulmonary embolism? // Eur. J. Nucl. Med. 1998. V. 25. № 8. P. 880.
4. Haynie T.P., Calhoon J.H., Nasjleti C.E. et al. Visualization of pulmonary artery occlusion by photoscanning // JAMA. 1963. V. 185. P. 306–308.
5. Taplin G.V., Johnson D.E., Dore E.K. et al. Lung photoscans with macroaggregates of human serum radioalbumin: experimental basis and initial clinical trials // Health Phys. 1964. V. 10. P. 1219–1227.
6. Taplin G.V., McDonald N.S. Radiochemistry of macroaggregated albumin and newer lung scanning agents // Semin. Nucl. Med. 1971. V. 1. P. 132–152.
7. Taplin G.V., Poe N.D., Greenberg A. Lung scanning following radioaerosol inhalation // J. Nucl. Med. 1966. V. 7. P. 77–87.
8. Davis M. Particulate radiopharmaceuticals for pulmonary studies // Radiopharmaceuticals / Ed. by Subramanian G., Rhodes B.A., Cooper J.F., Sodd V.J. N.Y.: Society of Nuclear Medicine, 1975. P. 267–281.
9. Harding L.K., Horsfield K., Singhal S.S. et al. The proportion of lung vessels blocked by albumin microspheres // J. Nucl. Med. 1973. V. 14. P. 579–581.
10. Общее руководство по радиологии / Ed. by Pettersson H. M.: PA “Спас”, 1996. Т. 1. С. 63.
11. Weibel E.R. Morphometry of the Human Lung. N.Y.: Academic Press, 1963.
12. Габуня Р.И. Перфузионная и ингаляционная пульмоноскантинграфия // Клиническая рентгенодиагностика. М.: Медицина, 1985. Т. 4. С. 85–93.
13. Package Insert: TechneScan® МАА, September 1992, Mallinckrodt.
14. Chilton H.M., Ball J.D. Radiopharmaceuticals for lung imaging // Pharmaceuticals in Medical Imaging / Ed. by Swanson D.P., Chilton A.M., Thrall J.H. N.Y.: MacMillan Publ., 1990. P. 394–415.
15. Norenberg J.P., Hladik W.B. III. Radiopharmaceuticals for pulmonary imaging // Nuclear Medicine. St. Louis; Baltimore; Boston etc.: Mosby-Year Book, Inc., 1996. P. 1362–1381.
16. Dworkin H.J., Gutkowski R.F., Porter W. et al. Effect of particle number on lung perfusion images // J. Nucl. Med. 1977. V. 18. P. 260–262.
17. Package Insert: Pulmolite®, February 1991, DuPont Merck.
18. Duffy G., DeNardo G., Abington R. Origin and evolution of radioactive pulmonary emboli in man // Radiol. 1968. V. 91. P. 1175–1180.
19. Наркевич Б.Я., Костылев В.А. Физические основы ядерной медицины. М.: АМФ-Пресс, 2001. 59 с.

## Подписка

# на ежеквартальный журнал “Радиология – Практика” на 2003 год

Подписные индексы и стоимость подписки в каталоге Роспечати  
для частных лиц: на год – 176 рублей (индекс 80692), на полгода – 88 рублей (индекс 79754);  
для организаций: на год – 198 рублей (индекс 80693), на полгода – 110 рублей (индекс 79755).

Кроме того, подписку на год, на любое полугодие или на 1 мес можно оформить непосредственно в Издательском доме Видар-М, а также на нашем сайте (<http://www.vidar.ru>).

**Контакты  
по вопросам  
подписки  
и приобретения**

Тел.: (095) 915-06-20; e-mail: [info@vidar.ru](mailto:info@vidar.ru)  
тел./факс: (095) 915-34-13; <http://www.vidar.ru>  
Почтовый адрес: 109028 Москва, а/я 16, Издательский дом Видар-М.  
Для посетителей: Москва, Яузский бульвар, 9/6, стр. 3, 2-й этаж.  
Часы работы: с 10 до 18, кроме выходных и праздничных дней.