

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал
Выходит 1 раз в два месяца

Основан в 1920 году

DOI: 10.20862/0042-4676

Журнал входит в Перечень периодических рецензируемых научно-практических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, рекомендуемых для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук

Журнал индексируется: SciVerse Scopus, Medline, Index Medicus

Издательство журнала установило лицензионные отношения в электронном виде с издательством EBSCO Publishing, ведущим мировым агрегатором полных текстов всевозможных журналов и электронных книг. Полный текст статей журнала можно найти в базе данных EBSCOhost™

Сайт журнала: www.russianradiology.ru

Главный редактор д. м. н., профессор, вице-президент РОПР **И.Е. Тюрин**
Почетный главный редактор д. м. н., профессор **А.П. Савченко**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д. м. н., профессор **С.А. Абугов** (заместитель главного редактора, Москва);
д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **Б.Г. Алякин** (Москва);
д. м. н., профессор **Т.В. Балахонова** (Москва); д. м. н., профессор **А.В. Брюханов** (Барнаул);
д. м. н., профессор, чл.-корр. Российской академии наук **А.Ю. Васильев** (Москва);
к. м. н. **Л.И. Дмитриева** (Москва); д. м. н. **Е.А. Егорова** (Москва);
д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **В.Н. Корниенко** (Москва);
к. м. н., доцент **И.З. Коробкова** (ответств. секретарь, Москва);
д. м. н., профессор, акад. Национальной академии наук Беларуси **А.Н. Михайлов** (Минск, Беларусь); д. м. н., профессор, акад. Академии наук Республики Татарстан **М.К. Михайлов** (Казань); д. м. н., профессор **А.К. Морозов** (Москва); д. м. н., профессор **Л.А. Низовцова** (Москва); д. м. н., профессор, генеральный секретарь РОПР **Н.В. Нуднов**;
д. м. н., профессор **Е.Б. Ольхова** (Москва); д. м. н., профессор **А.Г. Осиев** (Москва);
д. м. н., профессор **В.А. Ратников** (Санкт-Петербург); д. м. н., профессор **Т.В. Ридэн** (Москва);
д. м. н., профессор **А.Н. Рогоза** (Москва); д. м. н., профессор **Н.И. Рожкова** (Москва);
д. м. н., профессор **В.Б. Сергиенко** (Москва); д. м. н., профессор, президент РОПР, президент Европейского конгресса радиологов (2014 г.) **В.Е. Сеницын** (заместитель главного редактора, Москва); д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **В.А. Солодкий** (Москва);
д. м. н., профессор **Г.А. Сташук**; д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **С.К. Терновой** (1-й заместитель главного редактора, Москва); д. м. н., профессор, вице-президент РОПР **В.М. Черемисин** (Санкт-Петербург); д. м. н. **О.В. Черкавская** (заведующая редакцией, Москва); д. м. н., профессор **М.А. Шария** (Москва);
д. м. н., профессор **Б.Е. Шахов** (Нижний Новгород); к. м. н. **Ш.Ш. Шотемор** (Москва)

98 (4) июль–август 2017

Vestnik Rentgenologii i Radiologii

Russian Journal of Radiology

**Peer Reviewed
scientific and practical journal**

Issued once in two months

Founded in 1920

DOI: 10.20862/0042-4676

The journal is indexed: SciVerse Scopus, Medline, Index Medicus

Publisher has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of journal can be found in the EBSCOhost™ databases

Magazine site: www.russianradiology.ru

Editor-in-Chief MD, Professor, Vice-President of RSR I.E. Tyurin

Honorary Editor-in-Chief MD, Professor A.P. Savchenko

EDITORIAL BOARD

MD, Professor **S.A. Abugov** (deputy editor, Moscow); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **B.G. Alekyan** (Moscow); MD, Professor **T.V. Balakhonova** (Moscow); MD, Professor **A.V. Bryukhanov** (Barnaul); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **A.Yu. Vasil'ev** (Moscow); Cand. Med. Sci. **L.I. Dmitrieva** (Moscow); MD **E.A. Egorova** (Moscow); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **V.N. Kornienko** (Moscow); Cand. Med. Sci., Associate Professor **I.Z. Korobkova** (executive secretary, Moscow); MD, Professor, Academician of National Academy of Sciences of Belarus **A.N. Mikhaylov** (Minsk, Belarus); MD, Professor, Academician of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan **M.K. Mikhaylov** (Kazan); MD, Professor **A.K. Morozov** (Moscow); MD, Professor **L.A. Nizovtsova** (Moscow); MD, Professor, General Secretary of RSR **N.V. Nudnov**; MD, Professor **E.B. Ol'khova** (Moscow); MD, Professor **A.G. Osiev** (Moscow); MD, Professor **V.A. Ratnikov** (St. Petersburg); MD, Professor **T.V. Riden** (Moscow); MD, Professor **A.N. Rogoza** (Moscow); MD, Professor **N.I. Rozhkova** (Moscow); MD, Professor **V.B. Sergienko** (Moscow); MD, Professor, President of RSR, President of European Congress of Radiology (2014) **V.E. Sinitsyn** (deputy editor, Moscow); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **V.A. Solodkiy** (Moscow); MD, Professor **G.A. Stashuk**; MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **S.K. Ternovoy** (1st deputy editor, Moscow); MD, Professor, Vice-President of RSR **V.M. Cheremisin** (St. Petersburg); MD **O.V. Cherkavskaya** (Head of Editorial Board, Moscow); MD, Professor **M.A. Shariya** (Moscow); MD, Professor **B.E. Shakhov** (Nizhny Novgorod); Cand. Med. Sci. **Sh.Sh. Shotemor** (Moscow)

98(4) July–August 2017

Оригинальные статьи

**Аншелес А.А., Саушкина Ю.В.,
Сергиенко В.Б.**

Возможности нейротропной
сцинтиграфии миокарда в оценке
прогноза внезапной сердечной
смерти у пациентов
с гипертрофической кардиомиопатией

**Загвоздкин Е.С., Синицын В.Е.,
Мершина Е.А.**

Влияние количественных характеристик
на эффективность аблации миом матки
фокусированным ультразвуком
под контролем магнитно-резонансной
томографии: целесообразность
использования значений интенсивности
магнитно-резонансного сигнала
от миомы на T2-взвешенных
изображениях в качестве критерия
при отборе пациенток

Клинические случаи

**Давидов М.И., Штапова В.В.,
Файнштейн А.В., Никонова О.Е.**

Рентгенодиагностика гигантского
копролита сигмовидной кишки

Токарев А.С., Степанов В.Н., Рак В.А.

Применение диффузионно-тензорных
изображений для оценки ответа
на стереотаксическое радиохирургическое
лечение метастатического поражения
головного мозга

В помощь практикующему врачу

**Тюрин И.Е., Рыжкин С.А.,
Низовцова Л.А., Михайлов М.К.**

Новый подход к непрерывному
профессиональному образованию

Original Articles

**177 Ansheles A.A., Saushkina Yu.V.,
Sergienko V.B.**

Neurotropic myocardial scintigraphy
in the evaluation of sudden cardiac death
prognosis in patients with hypertrophic
cardiomyopathy

**185 Zagvozdkin E.S., Sinitsyn V.E.,
Mershina E.A.**

Influence of quantitative characteristics
on MRI-guided focused ultrasound
ablation of uterine fibroids:
the potential use of signal intensity
values from fibroid in T2-WI as a criterion
for patient selection

Clinical Notes

**192 Davidov M.I., Shtapova V.V.,
Faynshteyn A.V., Nikonova O.E.**

X-ray diagnosis of a giant sigmoid
coprolith in the sigmoid colon

197 Tokarev A.S., Stepanov V.N., Rak V.A.

Assessment of metastatic brain tumors
response to stereotactic radiosurgery
with diffusion tensor imaging

Guidelines for the Practitioner

**204 Tyurin I.E., Ryzhkin S.A.,
Nizovtsova L.A., Mikhaylov M.K.**

A new approach to continuing
professional education



Содержание – Contents

Обзоры литературы

**Миронов В.М., Огнерубов Д.В.,
Меркулов Е.В., Самко А.Н.**

Методика глубокого проведения
коронарного проводника при сложной
анатомии коронарного русла

**Румянцев П.О., Трухин А.А.,
Дегтярев М.В.**

Персонализированный подход
к лечению тиреотоксикоза: история
развития дозиметрических концепций

Организация службы лучевой диагностики

Тюрин И.Е.

Лучевая диагностика
в Российской Федерации в 2016 г.

Reviews of Literature

**207 Mironov V.M., Ognerubov D.V.,
Merkulov E.V., Samko A.N.**

Deep guide wire penetration technique
in complex coronary anatomy

**214 Rumyantsev P.O., Trukhin A.A.,
Degtyarev M.V.**

Personalized approach to thyrotoxicosis
treatment: the history of dosimetric
concepts development

Service Organization of Radiation Diagnosis

219 Tyurin I.E.

Radiology in the Russian Federation
in 2016

Журнал «ВЕСТНИК РЕНТГЕНОЛОГИИ И РАДИОЛОГИИ»

Зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации
Регистрационный номер 0110962

Полная версия статей размещается на сайтах www.elibrary.ru, www.iprbooks.ru, www.ebsco.com

Адрес редакции: 121552, Москва, ул. Ярцевская, д. 34,
корпус 1, офис 8
Телефон: 8 (916) 547-50-96
E-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Подписной индекс в каталоге «Роспечать»:
71486 – для индивидуальных подписчиков, предприятий и организаций
81601 – в объединенном каталоге «Пресса России. Газеты и журналы»

Адреса сайтов, на которых можно оформить подписку на журнал:
<http://www.akc.ru>
<http://www.press-med.ru>
<http://www.ppressa-rf.ru>

© Общество с ограниченной ответственностью «Лучевая диагностика»

Литературный редактор, корректор *Антонова И.В.*

Компьютерная верстка и графическая обработка материала *Комарова Е.Ю., Матвеева Е.Н.*

Номер подписан в печать 29.08.2017

Формат 60 × 88 1/8; Печ. л. 6,75; Усл. печ. л. 6,62; Уч.-изд. л. 6,0

Сверстано и отпечатано в ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России
119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 8
Тел.: 8 (499) 236-92-87

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОТРОПНОЙ СЦИНТИГРАФИИ МИОКАРДА В ОЦЕНКЕ ПРОГНОЗА ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ У ПАЦИЕНТОВ С ГИПЕРТРОФИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИЕЙ

А.А. Аншелес¹, к. м. н., ст. науч. сотр.;

Ю.В. Саушкина², к. м. н., врач-радиолог;

В.Б. Сергиенко¹, д. м. н., профессор, руководитель отдела радионуклидной диагностики и позитронной эмиссионной томографии

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, ул. 3-я Черепковская, 15а, Москва, 121552, Российская Федерация;

² НИИ кардиологии ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», ул. Киевская, 111а, Томск, 634012, Российская Федерация

NEUROTROPIC MYOCARDIAL SCINTIGRAPHY IN THE EVALUATION OF SUDDEN CARDIAC DEATH PROGNOSIS IN PATIENTS WITH HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY

A.A. Ansheles¹, MD, PhD, Senior Researcher;

Yu.V. Saushkina², MD, PhD, Radiologist;

V.B. Sergienko¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Nuclear Medicine Department

¹ National Medical Research Center for Cardiology, Ministry of Health of Russia, ul. Tret'ya Cherepkovskaya, 15a, Moscow, 121552, Russian Federation;

² Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Kievskaya, 111a, Tomsk, 634012, Russian Federation

Цель исследования – изучить особенности нарушения симпатической активности миокарда методом нейротропной сцинтиграфии и однофотонной эмиссионной томографии (ОЭКТ) у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП), в том числе в контексте риска возникновения у них внезапной сердечной смерти (ВСС).

Материал и методы. У 36 пациентов с подтвержденным диагнозом ГКМП, хронической сердечной недостаточности II–IV ФК по NYHA выполнены нейротропная сцинтиграфия и ОЭКТ миокарда с ¹²³I-МИБГ. 30 пациентам проведена также перфузионная ОЭКТ миокарда с ^{99m}Tc-МИБИ, с получением стандартных количественных параметров глобальных и локальных нарушений симпатической активности, нарушений перфузии миокарда левого желудочка. Через 5 лет наблюдения выполнен анализ зависимости частоты ВСС у пациентов с ГКМП от значений вышеуказанных параметров.

Результаты. Все параметры перфузионной и нейротропной ОЭКТ миокарда достоверно различались у пациентов с ГКМП по сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$). По данным перфузионной ОЭКТ, достоверная преходящая ишемия миокарда ($SDS > 4$) в основной группе визуализировалась в 32% случаев, при этом она носила диффузный характер и не имела связи с определенными бассейнами коронарных артерий. Объем региональных дефектов иннервации (SMS_e) у больных с ГКМП достоверно превышал суммарный объем

Objective. To explore the features of cardiac sympathetic activity impairments using neurotropic scintigraphy and single-photon emission tomography (SPECT) in patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM), including the context of the risk of sudden cardiac death (SCD).

Material and methods. 36 patients with HCM, II–IV NYHA CHF grade, underwent cardiac neurotropic scintigraphy and SPECT with ¹²³I-MIBG. 30 patients also underwent cardiac perfusion SPECT with ^{99m}Tc-MIBI, standard quantitative parameters of global and local left ventricular sympathetic activity and perfusion impairments were obtained. After 5 years of follow-up, the analysis of the dependence of the frequency of SCD in patients with HCM on the values of the above parameters was performed.

Results. All parameters of perfusion and neurotropic myocardial SPECT were significantly different in patients with HCM compared with the control group ($p < 0.001$). According to perfusion SPECT data, significant transient ischemia of the myocardium ($SDS > 4$) in the main group was detected in 32% of cases, while it had a diffuse character and had no connection with certain coronary artery regions. The volume of regional innervation defects (SMS_e) in HCM patients significantly exceeded the total volume of perfusion defects (SSS , $p < 0.001$). SMS_e and SSS parameters had a direct correlation ($r = 0.52$, $p = 0.002$). SMS_e was higher in patients with HCM with arrhythmias ($p = 0.046$), and

дефектов перфузии (SSS, $p < 0,001$). Параметры SMS_e и SSS имели прямую корреляционную связь ($r = 0,52$, $p = 0,002$). SMS_e был выше у пациентов с ГКМП с нарушениями ритма сердца ($p = 0,046$) и ниже у пациентов с ГКМП с проявлениями стенокардии и кардиалгии ($p = 0,04$). По итогам 5-летнего наблюдения ВСС наступила у 8 пациентов с ГКМП. SMS_e являлся предиктором ВСС (AUC=0,76, $p = 0,01$), его значение более 14 позволяло прогнозировать возникновение ВСС с чувствительностью 87,5% и специфичностью 57,1%. Риск 5-летней смертности от ВСС достоверно выше при $SMS_e > 14$ ($p = 0,024$).

Заключение. Проведение нейротропной ОЭКТ у пациентов с ГКМП позволяет определить группу лиц с высоким риском внезапной сердечной смерти.

Ключевые слова: ^{123}I -МИБГ; нейротропная скintiграфия; гипертрофическая кардиомиопатия; внезапная сердечная смерть; аритмии.

Для цитирования: Аншелес А.А., Саушкина Ю.В., Сергиенко В.Б. Возможности нейротропной скintiграфии миокарда в оценке прогноза внезапной сердечной смерти у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 177–84. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-177-184

Для корреспонденции: Аншелес Алексей Аркадьевич; E-mail: a.ansheles@gmail.com

lower in patients with HCM with manifestations of angina and cardialgia ($p = 0.04$). Based on the results of a five-year follow-up, SCD occurred in 8 patients with HCM. SMS_e was a predictor of SCD (AUC=0.76, $p = 0.01$), its value >14 predicted the occurrence of SCD with sensitivity of 87.5% and specificity of 57.1%. The risk of five-year mortality from SCD was significantly higher when $SMS_e > 14$ ($p = 0.024$).

Conclusion. Neurotropic SPECT in patients with HCM is able to identify a group of patients at high risk of sudden cardiac death.

Index terms: ^{123}I -MIBG; neurotropic scintigraphy; hypertrophic cardiomyopathy; sudden cardiac death; arrhythmias.

For citation: Ansheles A.A., Saushkina Yu.V., Sergienko V.B. Neurotropic myocardial scintigraphy in the evaluation of sudden cardiac death prognosis in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 177–84 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-177-184

For correspondence: Aleksey A. Ansheles; E-mail: a.ansheles@gmail.com

Information about authors:

Ansheles A.A., orcid.org/0000-0002-2675-3276
Saushkina Yu.V., orcid.org/0000-0002-0193-9453
Sergienko V.B., orcid.org/0000-0002-0487-6902

Acknowledgements. The study was supported by grant from the Russian Science Foundation (№ 15-15-10016).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received April 21, 2017

Accepted May 18, 2017

Введение

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) является генетическим заболеванием миокарда, характеризуется гипертрофией сердечной мышцы, уменьшением размеров полостей левого и/или правого желудочков, нарушением диастолической и систолической функции сердца [1]. ГКМП имеет неуклонно прогрессирующее течение и сопряжена с высоким риском развития осложнений, являясь одной из главных причин развития хронической сердечной недостаточности (ХСН) в молодом возрасте [2, 3]. Электрическая нестабильность миокарда, возникающая при ГКМП, может лежать в основе развития жизнеугрожающих нарушений ритма: суправентрикулярной и желудочковой экстрасистолии и тахикардии, нарушений проводимости, фибрилляции предсердий и желудочков. Заболевание также характеризуется нарушением кровоснабжения миокарда на уровне микроциркуляции, что приводит к развитию миокардиальной ишемии. Среди патофизиологических факторов этого

процесса следует отметить гипертрофию ЛЖ, поражение микроциркуляторного русла, ремоделирование мелких интрамуральных сосудов, обструкцию выходного тракта (ОВТ) ЛЖ и патологию сосудов эпикарда. Гипертрофия миокарда ЛЖ, даже в условиях анатомически неизмененных КА, увеличивает чувствительность миокарда к ишемии вследствие увеличения его потребностей в кислороде. На клеточном уровне в миокарде больных с ГКМП гипертрофия кардиомиоцитов и отложение коллагена в интерстиции могут приводить к сдавлению стенки сосудов [4]. Увеличение напряжения стенки миокарда вследствие патоморфологических особенностей и ишемии приводит к дополнительному снижению коронарного кровотока, что формирует порочный круг и вызывает клинические проявления в виде синдрома стенокардии примерно у 30% больных с ГКМП [5–9].

В настоящее время наблюдается повсеместный рост зарегистрированных случаев ГКМП, обусловленный как непосредственно

увеличением числа больных, так и существенным увеличением частоты выявляемости данной патологии за счет внедрения в повседневную клиническую практику современных неинвазивных методов диагностики, прежде всего эхокардиографии и МРТ [10]. Однако их возможности в оценке прогноза у пациентов с ГКМП ограничены, в связи с тем что наиболее грозным осложнением заболевания, и при этом наиболее непредсказуемым, является внезапная сердечная смерть (ВСС). Ее риск развития в течение года у взрослых составляет 2–3%, у детей – до 6%, при анамнезе заболевания свыше 10 лет – 20% [11, 12].

Известно, что важнейшим фактором развития и прогрессирования ГКМП являются нарушения симпатической активности (СА) миокарда. Симпатическая нервная система сердца играет важнейшую роль в регуляции функции кардиомиоцитов, проводящей системы, коронарных сосудов, сократительной функции миокарда, оказывает влияние на его электрофизиоло-

гические свойства [13, 14]. Изучение нейрональной функции сердца у больных с кардиомиопатиями, в том числе с ГКМП, вызывает особый интерес, в связи с тем что патогенез этих заболеваний окончательно не изучен. Такие характерные клинические проявления ГКМП, как гиперконтрактильность желудочков, предрасположенность к тахикардамиям и положительный эффект лечения β -адреноблокаторами, позволяют предполагать, что в патогенезе заболевания не последнюю роль играют нарушения СА сердца [15].

Для оценки симпатической активности миокарда используют радионуклидные методы исследования с нейротропными радиофармпрепаратами (РФП). Наиболее востребованный среди них – ^{123}I -МИБГ, являющийся структурным аналогом норадrenalина [16, 17]. Сцинтиграфия миокарда с ^{123}I -МИБГ позволяет количественно определить общий и региональный пресинаптический обратный захват катехоламинов, их метаболизм и, косвенно, плотность распределения нейрональных симпатических окончаний и адренорецепторов в миокарде, очаговые изменения функции симпатических окончаний [18, 19].

Таким образом, целью нашего исследования стало изучение особенностей нарушения симпатической иннервации миокарда у пациентов с ГКМП в контексте риска возникновения у них внезапной сердечной смерти.

Материал и методы

В исследование включены 36 пациентов с установленным диагнозом ГКМП, средний возраст 44 ± 9 лет, ХСН II–IV ФК по NYHA. На момент включения в исследование пациенты находились на подобранной терапии, которую принимали в течение 6–12 мес. Всем пациентам были выполнены нейротропная сцинтиграфия и ОЭКТ с ^{123}I -МИБГ в два этапа: через 15 мин (ранняя фаза) и 4 ч (отсроченная фаза)

после введения РФП, по стандартным протоколам. Кроме того, 30 пациентам с симптомами стенокардии или кардиалгии, то есть с подозрением на ишемию миокарда, выполнялась перфузионная ОЭКТ миокарда с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МИБГ в покое. У 8 из этих пациентов проведение нагрузочных проб было противопоказано (IV ФК), у остальных 22 проведена проба с физической нагрузкой с введением РФП и выполнением повторной перфузионной ОЭКТ миокарда [20–23]. По результатам исследования с ^{123}I -МИБГ нарушения общей СА оценивались с помощью параметров соотношения накопления РФП в сердце и средостении в отсроченную фазу (delayed heart/mediastinum ratio, H/M_d) и скорости вымывания РФП за 4 ч (Washout Rate, WR). Нарушения региональной СА оценивались с помощью количественного параметра SMS_e (Summed MIBG Score early), отражающего объем региональных (локальных) дефектов СА, измеренный в раннюю фазу исследования. Нарушения перфузии оценивали с использованием стандартных количественных параметров: суммы баллов после нагрузки (Summed Stress Score, SSS) и разностных баллов (показателя преходящей ишемии, Summed Difference Score, SDS) [24–26]. Сравнение указанных параметров проводилось в подгруппах пациентов с ГКМП с выраженной гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ), с нарушениями ритма сердца (НРС), с ОВТЛЖ, с проявлениями стенокардии и кардиалгии.

Для определения характерных вариантов нарушения СА и перфузии у больных с ГКМП количественные параметры данных ОЭКТ у этих пациентов сравнивались с результатами нейротропной и перфузионной ОЭКТ у здоровых добровольцев без системных и кардиологических заболеваний ($n=20$). Срок наблюдения за группой пациентов составил 5 лет. По истечении

этого срока с помощью данных электронных историй болезни был проведен анализ выживаемости пациентов с ретроспективным сопоставлением исходных данных нейротропной ОЭКТ миокарда пациентов с частотой возникновения у них внезапной сердечной смерти.

Результаты

Распределение МИБГ в миокарде ЛЖ у всех 36 больных с ГКМП было неравномерным. Наиболее частым вариантом распределения РФП было диффузное, неравномерное снижение, с примерно равной частотой появления дефектов во всех стенках ЛЖ, несколько чаще дефекты СА отмечались по перегородочной, нижней и боковой стенкам ЛЖ. Также отмечалось снижение включения РФП в верхушечных сегментах, что, однако, является вариантом нормы.

Параметр H/M_d, отражающий общую СА миокарда, был ниже порогового значения нормы 1,9 у 33 (92%) пациентов с ГКМП и достоверно ниже в группе больных с ГКМП по сравнению с контрольной группой ($p<0,001$). Значения данного параметра были достоверно меньше у пациентов с III и IV ФК по сравнению с I и II ФК ($p=0,02$), а также при выраженной ГЛЖ ($p=0,03$). Параметр WR, отражающий скорость вымывания РФП из симпатических терминалей, был достоверно выше у больных с ГКМП по сравнению с группой нормы ($p<0,001$) и также был выше в подгруппе больных с ГКМП с выраженной ГЛЖ ($p=0,04$). Параметр SMS_e, отражающий тяжесть локальных дефектов СА, был достоверно выше у больных с ГКМП по сравнению с группой нормы ($p<0,001$) и также был выше в подгруппе больных с ГКМП с выраженной ГЛЖ ($p<0,05$). Кроме того, значения данного параметра были достоверно выше у больных с ГКМП с НРС ($p=0,05$) и достоверно ниже

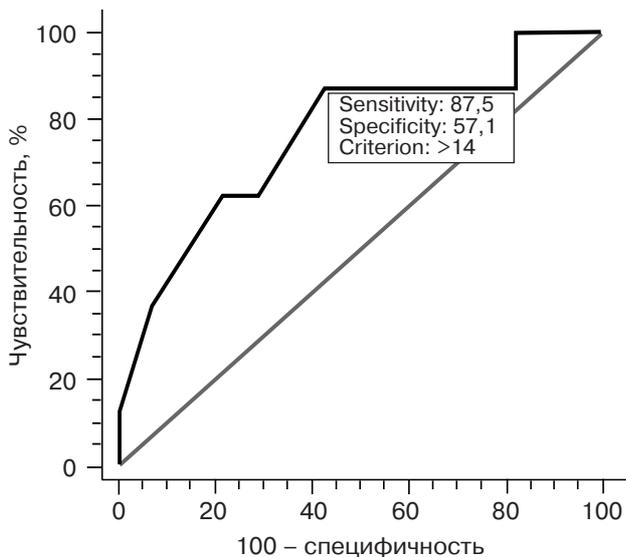


Рис. 1. ROC-анализ пограничного значения SMS_e в качестве предиктора ВСС у пациентов с ГКМП

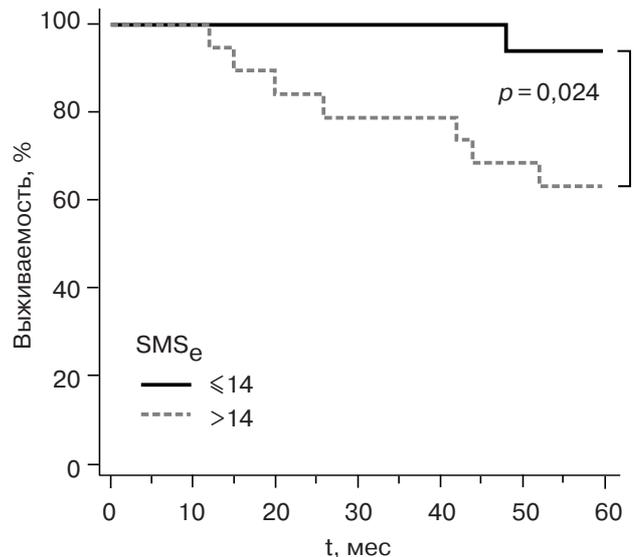


Рис. 2. Пятилетняя выживаемость пациентов с ГКМП и высоким риском ВСС в зависимости от пороговых значений SMS_e

в подгруппах больных со стенокардией ($p=0,04$) и кардиалгией ($p=0,02$). Отмечена прямая корреляционная связь между индексом массы миокарда (ИММ) ЛЖ и параметрами WR ($r=0,51$, $p=0,002$), SMS_e ($r=0,34$, $p=0,03$), отрицательная связь между ИММЛЖ и H/M_d ($r=-0,31$, $p<0,05$).

Как показали результаты велоэргометрической пробы, проведенной у 22 пациентов, все жаловались на одышку в результате нагрузки, у 12 отмечалась депрессия сегмента ST, у 4 больных с III ФК отмечался синдром стенокардии. В результате у 16 пациентов со II и III ФК проба была трактована как положительная, у 6 – как недиагностическая.

При проведении ОЭКТ миокарда с ^{99m}Tc -МИБИ в покое распределение РФП у всех 36 больных с ГКМП было неравномерным. На сериях томографических срезов отмечалась геометрическая деформация ЛЖ. Характерным для больных с ГКМП было повышенное накопление МИБИ в зонах гипертрофии ЛЖ по данным ЭхоКГ, по сравнению с которыми выявлялось относительное снижение перфузии в других сегментах ЛЖ. При этом суммарные индексы нарушения

перфузии были достоверно выше у пациентов с выраженной ГЛЖ ($p<0,05$). По результатам исследования после нагрузочной пробы, патологические перфузионные карты ЛЖ ($SSS>8$) отмечались у 15 (68%) пациентов с ГКМП. В то же время признаки достоверной переходящей ишемии ($SDS>4$) визуализировались лишь у 7 (32%) пациентов, при этом ишемия носила диффузный характер. Параметры SSS и SDS достоверно различались в группах нормы и ГКМП ($p<0,001$), а также в подгруппах больных с ГКМП с различными ФК ХСН и степенью ГЛЖ ($p<0,05$). Была выявлена прямая корреляционная связь между ИММЛЖ и SSS ($r=0,51$, $p=0,002$), аналогичной зависимости между ИММЛЖ и SDS не обнаружено ($r=0,26$, $p=0,13$).

При сопоставлении результатов нейротропной и перфузионной ОЭКТ у больных с ГКМП отмечались достоверно более тяжелые нарушения СА, чем нарушения перфузии. При анализе корреляционных связей между показателями нейротропной и перфузионной ОЭКТ выявлена прямая корреляция между суммарными баллами SMS_e и SSS ($r=0,52$, $p=0,002$). Каких-либо

закономерностей между локализацией зон нарушения перфузии и зон нарушения СА в пределах ЛЖ не обнаружено.

По итогам 5-летнего наблюдения внезапная сердечная смерть наступила у 8 пациентов с ГКМП, ее причиной во всех случаях являлась фибрилляция желудочков. Был выполнен анализ прогностической ценности указанных выше параметров перфузионной и нейротропной ОЭКТ миокарда с помощью ROC-анализа. Значения параметров SSS, SDS, H/M_d , WR не были ассоциированы с ВСС в исследуемой группе больных ($AUC=0,67$, $p=0,10$; $AUC=0,55$, $p=0,71$; $AUC=0,51$, $p=0,94$; $AUC=0,68$, $p=0,07$ соответственно). В то же время параметр SMS_e являлся предиктором ВСС ($AUC=0,76$, $p=0,01$), его значение >14 позволило прогнозировать возникновение ВСС с чувствительностью 87,5% и специфичностью 57,1% (рис. 1). Исходя из этого, исследуемая группа пациентов была разделена на две подгруппы, с $SMS_e \leq 14$ и >14 , и проведен анализ выживаемости по Каплану–Майеру, который показал достоверное ($p=0,024$) увеличение риска ВСС во второй подгруппе пациентов (рис. 2).

Обсуждение

Известно, что ГКМП является многосиндромным заболеванием, с разнообразной клинической симптоматикой и характером течения. Учитывая протяженную цепь патологических процессов при ГКМП, которая последовательно включает генетические, морфологические, нейрогуморальные, перфузионные, анатомические и, наконец, функциональные и клинические факторы, особый интерес представляют исследования, которые позволили бы проследить одновременно несколько компонентов этой цепи у таких больных. В нашем исследовании была предпринята попытка именно такого подхода к патогенезу ГКМП, поскольку спектр диагностических исследований, выполненных у этих пациентов, включал не только оценку клинических и функциональных параметров миокарда, но и анализ более тонких процессов, происходящих на уровне клеточных элементов, а именно клеточной перфузии и активности симпатической цепи иннервации миокарда.

Перфузионная ОЭКТ при ГКМП выполнялась в основном

по клиническим показаниям – поиск ишемии миокарда у пациентов с характерными симптомами. Результаты данного исследования отличались от картины при других сердечно-сосудистых заболеваниях, в том числе при ГЛЖ, возникающей при гипертонической болезни [27, 28]. У пациентов с ГКМП характерно изолированное утолщение перегородочной стенки или верхушки, реже ГЛЖ оказывается концентрической, при этом отмечается характерное «сапогообразное» изменение формы ЛЖ. Признаки достоверной преходящей ишемии миокарда отмечались лишь у 32% пациентов, при этом ее характер отличался от такового при ИБС. Зоны преходящей ишемии при ИБС, как правило, по локализации соответствуют бассейнам пораженных коронарных артерий, в то время как при некоронарогенных ССЗ, в том числе ГКМП, такого соответствия не наблюдается. Ухудшение перфузии миокарда при нагрузочной пробе у некоторых пациентов происходило в зоне повышенного накопления РФП в покое, то есть в гипертрофированных зонах. Кроме того, известно, что при ИБС имеется тесная корре-

ляционная связь между положительной велоэргометрической пробой и наличием ишемии миокарда по данным ОЭКТ [29]. Однако в исследуемой группе ГКМП из 16 пациентов с положительной нагрузочной пробой лишь у 5 преходящая ишемия миокарда по данным ОЭКТ была достоверной. Все это указывает на то, что при ГКМП положительный результат нагрузочной пробы, в отличие от ИБС, не всегда означает наличие преходящей ишемии, а сам механизм преходящей ишемии не связан напрямую с КА, а связан с последствиями гипертрофии миокарда, что также отличает его от такового при ИБС. В случае же обнаружения у пациента с ГКМП выраженной преходящей ишемии, которая не может быть объяснена вышеописанными причинами, вероятно, стоит заподозрить присоединение коронарогенных факторов, которые значительно повышают риск сердечно-сосудистых осложнений.

При анализе результатов нейротропной скintiграфии и ОЭКТ миокарда отмечается относительно низкое включение МИБГ в миокарде у пациентов с ГКМП (рис. 3, 4).

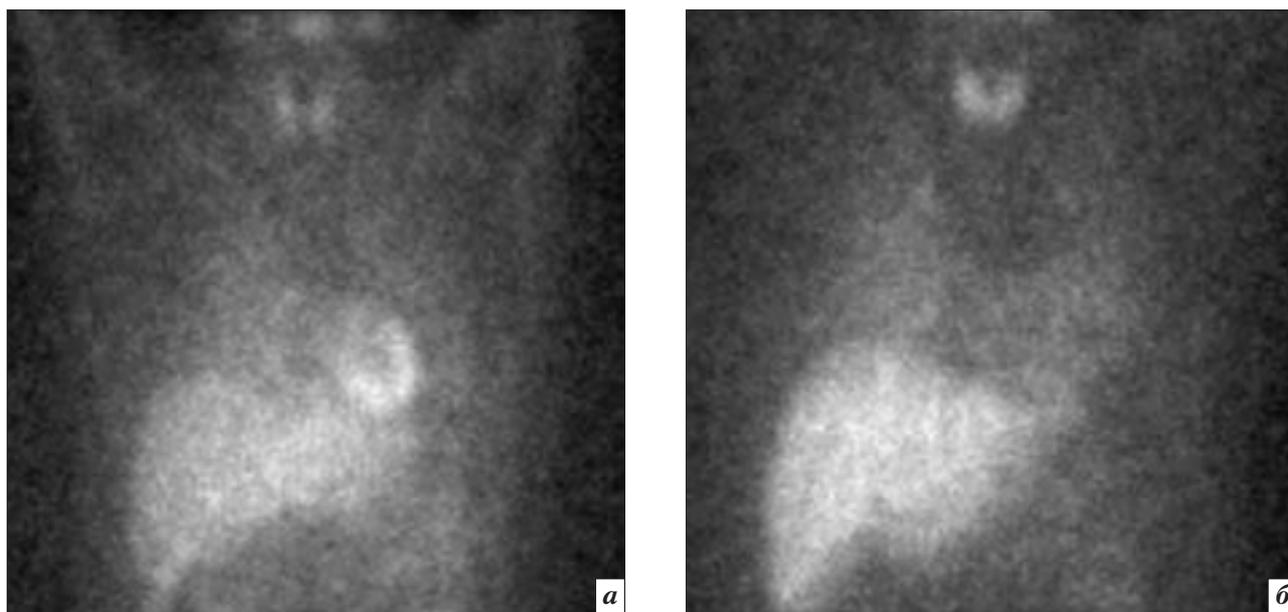


Рис. 3. Планарная скintiграфия миокарда с МИБГ: *а* – в норме ($H/M_d=2,2$); *б* – у пациента с ГКМП и высоким риском ВСС ($H/M_d=1,7$)

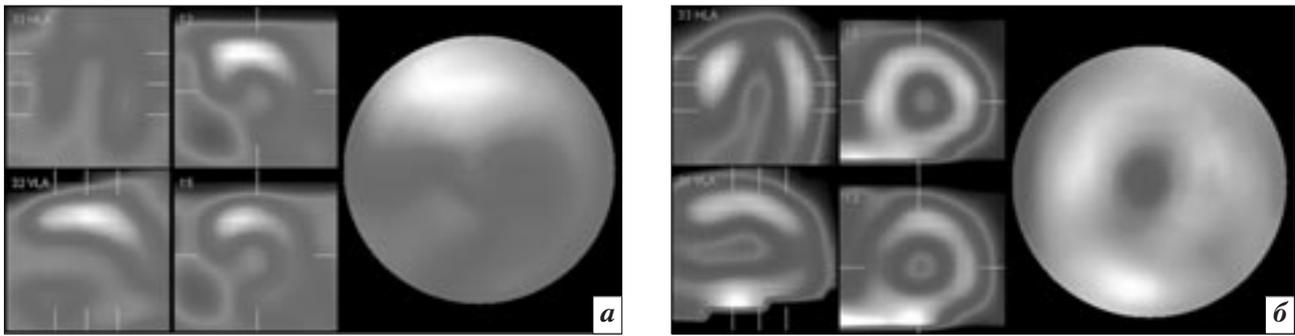


Рис. 4. Распределение МИБГ в миокарде: *а* – в норме, с характерным снижением накопления РФП в вершечном сегменте ($SMS_e = 4$); *б* – у пациента с ГКМП и высоким риском ВСС ($SMS_e = 16$)

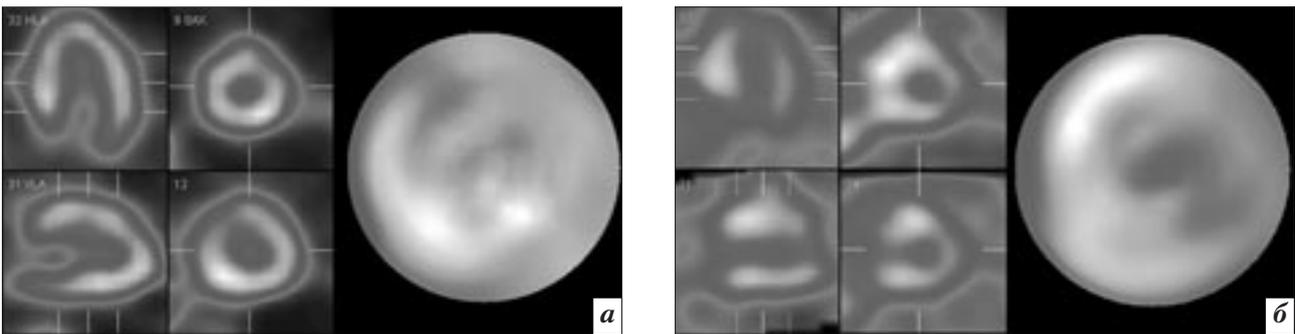


Рис. 5. Примеры распределения МИБИ ($SSS = 4$) (*а*) и МИБГ ($SMS_e = 9$) (*б*) в миокарде у пациента с ГКМП

Нарушения СА миокарда у всех больных с ГКМП оказались более выраженными по площади и глубине, чем нарушения перфузии (рис. 5). Таким образом, можно предположить, что нарушения иннервации, вероятно, предшествуют появлению нарушений перфузии миокарда и являются отражением более ранней стадии заболевания, поскольку симпатические окончания более уязвимы к гипоксии и другим патофизиологическим процессам [30, 31].

У больных со стенокардией и кардиалгией был получен несколько парадоксальный результат: в то время как параметры перфузии миокарда не отличались у пациентов с этими симптомами и без них, показатель SMS_e , отражающий тяжесть региональных нарушений СА, был в данных подгруппах достоверно ниже. В связи с этим, возможно, наличие симптомов у относительно сохраненных пациентов с ГКМП является не признаком тяжелого состояния, а скорее

адекватной реакцией пока еще интактных ноцицептивных цепей, сигнализирующей о возможном ухудшении состояния.

Показатели H/M_d и WR различались в подгруппах пациентов, сформированных по разным симптомам. Значения SMS_e не отличались достоверно у больных с ГКМП с различным ФК и ОВТЛЖ. При этом SMS_e был достоверно выше в подгруппе пациентов с НРС. Это подтверждает данные литературы о том, что локальные дефекты симпатической иннервации по результатам ОЭКТ с МИБГ являются потенциально аритмогенными [31, 32].

Заключение

Настоящее исследование позволило предоставить новые данные о прогностической ценности нейротропной радионуклидной диагностики у пациентов с ГКМП. Наиболее важным результатом данной работы стало то, что именно локальные дефекты накопления МИБГ (а не снижение его глобального захвата)

оказались в большей мере связаны с более высоким 5-летним риском ВСС, вызванной жизнеугрожающими аритмиями. Таким образом, показана необходимость выполнения томографического протокола (ОЭКТ) исследования с МИБГ у этих пациентов, поскольку только с его помощью становится возможной количественная оценка локальных нарушений симпатической активности миокарда, оцениваемая с помощью параметра SMS_e .

Результаты нашего исследования указывают на различия в механизмах развития патологических процессов нарушения иннервации и перфузии у больных с ГКМП и скорее их параллельное и взаимно потенцирующее, нежели прямое причинно-следственное протекание. Кроме того, у данной категории больных нередко отмечается несоответствие между морфологическими, нейрогуморальными, перфузионными, анатомическими и, наконец, функциональными и клиническими факторами [33, 34].

В связи с этим возникает необходимость более обширного диагностического обследования таких пациентов, в частности проведения нейротропной ОЭКТ у лиц с высоким предварительным риском внезапной сердечной смерти.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 15-15-10016.

Литература [References]

1. Wigle E.D., Rakowski H., Kimball B.P., Williams W.G. Hypertrophic cardiomyopathy. Clinical spectrum and treatment. *Circulation*. 1995; 92 (7): 1680–92.
2. Semsarian C., Ingles J., Maron M.S., Maron B.J. New perspectives on the prevalence of hypertrophic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2015; 65 (12): 1249–54.
3. Maron B.J., Olivotto I., Spirito P., Casey S.A., Bellone P., Gohman T.E. et al. Epidemiology of hypertrophic cardiomyopathy-related death: revisited in a large non-referral-based patient population. *Circulation*. 2000; 102 (8): 858–64.
4. Maron B.J., Epstein S.E., Roberts W.C. Hypertrophic cardiomyopathy and transmural myocardial infarction without significant atherosclerosis of the extramural coronary arteries. *Am. J. Cardiol*. 1979; 43 (6): 1086–102.
5. Pedrinelli R., Spessot M., Chiriatto G., Gistri R., Salvadori P., Catanano G. et al. Evidence for a systemic defect of resistance-sized arterioles in hypertrophic cardiomyopathy. *Coron. Artery Dis*. 1993; 4 (1): 67–72.
6. Roberts R. Molecular genetics. Therapy or terror? *Circulation*. 1994; 89 (1): 499–502.
7. Watkins H., McKenna W.J., Thierfelder L., Suk H.J., Anan R., O'Donoghue A. et al. Mutations in the genes for cardiac troponin T and alpha-tropomyosin in hypertrophic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med*. 1995; 332 (16): 1058–64.
8. Shaver J.A., Salerni R., Curtiss E.I., Follansbee W.P. Clinical presentation and noninvasive evaluation of the patient with hypertrophic cardiomyopathy. *Cardiovasc. Clin*. 1988; 19 (1): 149–92.
9. Mohri M., Takeshita A. Coronary microvascular disease in humans. *Jpn Heart J*. 1999; 40 (2): 97–108.
10. Ho C.Y., Sweitzer N.K., McDonough B., Maron B.J., Casey S.A., Seidman J.G. et al. Assessment of diastolic function with Doppler tissue imaging to predict genotype in preclinical hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2002; 105 (25): 2992–7.
11. Goodwin J.F. Cardiomyopathies and specific heart muscle diseases. Definitions, terminology, classifications and new and old approaches. *Postgrad. Med. J*. 1992; 68 (Suppl. 1): S3–6.
12. Spirito P., Seidman C.E., McKenna W.J., Maron B.J. The management of hypertrophic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med*. 1997; 336 (11): 775–85.
13. Rapacciuolo A., Esposito G., Caron K., Mao L., Thomas S.A., Rockman H.A. Important role of endogenous norepinephrine and epinephrine in the development of in vivo pressure-overload cardiac hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2001; 38 (3): 876–82.
14. Rockman H.A., Koch W.J., Lefkowitz R.J. Seven-transmembrane-spanning receptors and heart function. *Nature*. 2002; 415 (6868): 206–12.
15. Швалев В.Н., Реутов В.П., Рогоза А.Н., Сергиенко В.Б., Аншелес А.А., Ковалев В.П. Развитие современных представлений о нейрогенной природе кардиологических заболеваний. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2014; 1: 10–4. [Shvalev V.N., Reutov V.P., Rogoza A.N., Sergienko V.B., Ansheles A.A., Kovalev V.P. Development of modern ideas about the neurogenic nature of cardiac diseases. *Tikhookeanskiy Meditsinskiy Zhurnal (Pacific Medical Journal, Russian journal)*. 2014; 1: 10–4 (in Russ.).]
16. Лишманов Ю.Б., Завадовский К.В., Ефимова И.Ю., Кривоногов Н.Г., Веснина Ж.В., Сазонова С.И. и др. Возможности ядерной медицины в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; 30 (2): 21–9. [Lishmanov Yu.B., Zavadovskiy K.V., Efimova I.Yu., Krivonogov N.G., Vesnina Zh.V., Sazonova S.I. et al. The possibilities of nuclear medicine in the diagnosis of cardiovascular diseases. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal (Siberian Medical Journal, Russian journal)*. 2015; 30 (2): 21–9 (in Russ.).]
17. Лишманов Ю.Б., Саушкина Ю.В., Минин С.М., Ефимова И.Ю., Кистенева И.В., Попов С.В. Скintiграфическая оценка состояния симпатической иннервации сердца и миокардиальной перфузии у пациентов с фибрилляцией предсердий. *Российский кардиологический журнал*. 2014; 12: 13–8. [Lishmanov Yu.B., Saushkina Yu.V., Minin S.M., Efimova I.Yu., Kisteneva I.V., Popov S.V. Scintigraphic evaluation of cardiac sympathetic innervation and myocardial perfusion in patients with atrial fibrillation. *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal (Russian Cardiology Journal)*. 2014; 12: 13–8 (in Russ.).]
18. Wichter T., Schafers M., Rhodes C.G., Borggreffe M., Lerch H., Lammertsma A.A. et al. Abnormalities of cardiac sympathetic innervation in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: quantitative assessment of presynaptic norepinephrine reuptake and postsynaptic beta-adrenergic receptor density with positron emission tomography. *Circulation*. 2000; 101 (13): 1552–8.
19. Somsen G.A., Verberne H.J., Fleury E., Righetti A. Normal values and within-subject variability of cardiac I-123 MIBG scintigraphy in healthy individuals: implications for clinical studies. *J. Nucl. Cardiol*. 2004; 11 (2): 126–33.
20. Knollmann D., Knebel I., Koch K.C., Gebhard M., Krohn T., Buell U., Schaefer W.M. Comparison of SSS and SRS calculated from normal databases provided by QPS and 4D-MSPECT manufacturers and from identical institutional normals. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imag*. 2008; 35 (2): 311–8.
21. Holly T.A., Abbott B.G., Al-Mallah M., Calnon D.A., Cohen M.C., DiFilippo F.P. et al. Single photon-emission computed tomography. *J. Nucl. Cardiol*. 2010; 17 (5): 941–73.

22. Hachamovitch R., Hayes S.W., Friedman J.D., Cohen I., Berman D.S. A prognostic score for prediction of cardiac mortality risk after adenosine stress myocardial perfusion scintigraphy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45 (5): 722–9.
23. Hachamovitch R., Hayes S.W., Friedman J.D., Cohen I., Berman D.S. Stress myocardial perfusion single-photon emission computed tomography is clinically effective and cost effective in risk stratification of patients with a high likelihood of coronary artery disease (CAD) but no known CAD. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2004; 43 (2): 200–8.
24. Сергиенко В.Б., Самойленко Л.Е. Радионуклидная оценка состояния симпатической иннервации миокарда. *Кардиологический вестник.* 2006; 2: 43–51. [Sergienko V.B., Samoylenko L.E. Radionuclide evaluation of sympathetic innervation of the myocardium. *Kardiologicheskii Vestnik (Cardiological Bulletin, Russian journal).* 2006; 2: 43–51 (in Russ.).]
25. Imamura Y., Ando H., Mitsuoka W., Egashira S., Masaki H., Ashihara T., Fukuyama T. Iodine-123 metaiodobenzylguanidine images reflect intense myocardial adrenergic nervous activity in congestive heart failure independent of underlying cause. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995; 26 (7): 1594–9.
26. Gimelli A., Liga R., Genovesi D., Giorgetti A., Kusch A., Marzullo P. Association between left ventricular regional sympathetic denervation and mechanical dyssynchrony in phase analysis: a cardiac CZT study. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* 2014; 41 (5): 946–55.
27. Лишманов Ю.Б., Ефимова И.Ю., Чернов В.И., Веснина Ж.В., Кривоногов Н.Г., Макарова Е.В. и др. Сцинтиграфия как инструмент диагностики, прогнозирования и мониторинга лечения болезней сердца. *Сибирский медицинский журнал.* 2007; 22 (3): 74–7. [Lishmanov Yu.B., Efimova I.Yu., Chernov V.I., Vesnina Zh.V., Krivonogov N.G., Makarova E.V. et al. Scintigraphy as a tool for diagnosing, predicting and monitoring the treatment of heart diseases. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal (Siberian Medical Journal, Russian journal).* 2007; 22 (3): 74–7 (in Russ.).]
28. Аншелес А.А., Сергиенко В.Б. Современные возможности радионуклидной диагностики при артериальной гипертензии. *Системные гипертензии.* 2016; 13 (1): 22–8. [Ansheles A.A., Sergienko V.B. Modern possibilities of nuclear imaging diagnostics in arterial hypertension. *Sistemnye Gipertenzii (Systemic Hypertension, Russian journal).* 2016; 13 (1): 22–8 (in Russ.).]
29. Аншелес А.А., Шульгин Д.Н., Соляный В.В., Сергиенко В.Б. Сопоставление результатов нагрузочных проб, данных однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда и коронарографии у больных ишемической болезнью сердца. *Кардиологический вестник.* 2012; VII (2): 10–6. [Ansheles A.A., Shulgin D.N., Solomyanu V.V., Ser-
- gienko V.B. Comparison of the results of stress tests, single-photon emission computer tomography of myocardium and coronarography in patients with ischemic heart disease. *Kardiologicheskii Vestnik (Cardiological Bulletin, Russian journal).* 2012; VII (2): 10–6 (in Russ.).]
30. Zipes D.P. Influence of myocardial ischemia and infarction on autonomic innervation of heart. *Circulation.* 1990; 82 (4): 1095–105.
31. Bax J.J., Kraft O., Buxton A.E., Fjeld J.G., Parizek P., Agostini D. et al. 123 I-MIBG scintigraphy to predict inducibility of ventricular arrhythmias on cardiac electrophysiology testing: a prospective multicenter pilot study. *Circ. Cardiovasc. Imag.* 2008; 1 (2): 131–40.
32. Maron B.J. Hypertrophic cardiomyopathy: a systematic review. *JAMA.* 2002; 287 (10): 1308–20.
33. Pace L., Betocchi S., Losi M.A., Della Morte A.M., Ciampi Q., Nugnez R. et al. Sympathetic nervous function in patients with hypertrophic cardiomyopathy assessed by [123I]-MIBG: relationship with left ventricular perfusion and function. *Q. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* 2004; 48 (1): 20–5.
34. Casset-Senon D., Philippe L., Cosnay P., Lopez-Moutault J., Turot-Bracq V., Fauchier J.P., Pottier J.M. Isotopic study of myocardial perfusion and innervation in 28 patients with primary hypertrophic cardiomyopathy: relation to ventricular arrhythmia. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* 1994; 87 (4): 475–83.

Поступила 21.04.2017

Принята к печати 18.05.2017

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АБЛАЦИИ МИОМ МАТКИ ФОКУСИРОВАННЫМ УЛЬТРАЗВУКОМ ПОД КОНТРОЛЕМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ: ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО СИГНАЛА ОТ МИОМЫ НА T2-ВЗВЕШЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ В КАЧЕСТВЕ КРИТЕРИЯ ПРИ ОТБОРЕ ПАЦИЕНТОК

Е.С. Загвоздкин, врач-рентгенолог;

В.Е. Синицын, д. м. н., профессор, руководитель Центра лучевой диагностики ЛРЦ;

Е.А. Мершина, к. м. н., заведующая отделением функциональных методов лучевой диагностики
Центра лучевой диагностики ЛРЦ

ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России,
Иваньковское ш., 3, Москва, 125367, Российская Федерация

INFLUENCE OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS ON MRI-GUIDED FOCUSED ULTRASOUND ABLATION OF UTERINE FIBROIDS: THE POTENTIAL USE OF SIGNAL INTENSITY VALUES FROM FIBROID IN T2-WI AS A CRITERION FOR PATIENT SELECTION

E.S. Zagvozdkin, Radiologist;

V.E. Sinitsyn, MD, PhD, DSc, Professor,
Head of Diagnostic Radiology Center of FCTR;

E.A. Mershina, MD, PhD, Head of Radiology Department of FCTR

Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Ministry of Health of Russia,
Ivan'kovskoe shosse, 3, Moscow, 125367, Russian Federation

Цель исследования – определить влияние количественных показателей на эффективность аблации миом матки фокусированным ультразвуком (ФУЗ) и оценить возможность их использования для отбора пациенток перед лечением.

Материал и методы. Ретроспективно проанализированы данные 67 процедур ФУЗ-аблации миом матки (67 пациенток, 94 миомы). Оценивались характеристики миом (стандартизированная интенсивность и неоднородность магнитно-резонансного (МР) сигнала на T2-взвешенных изображениях (ВИ), максимальный диаметр, расстояние до кожи и до крестца во время ФУЗ, объем, неперфузируемый объем (NPV), МР-тип), энергия соникаций и возраст пациенток. Стандартизация значений интенсивности сигнала от миом проводилась по интенсивности сигнала от подвздошных мышц. Определялась корреляция между NPV и количественными показателями. Проведен ROC-анализ для выявления оптимального порогового значения интенсивности сигнала от миомы, необходимого для достижения NPV $\geq 50\%$. Выполнено сопоставление МР-типа миом с NPV и значениями интенсивности сигнала.

Результаты. NPV миом непосредственно после ФУЗ-аблации составил $57,1 \pm 22,5\%$. NPV для миом I МР-типа ($n = 67$) равнялся $63,4 \pm 19,7\%$, II типа ($n = 20$) – $46,8 \pm 19,5\%$ и III типа ($n = 7$) – $26,4 \pm 21\%$. Различия между группами значимы ($p < 0,05$).

Objective. To determine the effect of quantitative characteristics on the effectiveness of magnetic resonance imaging guided focused ultrasound (MRIgFUS) ablation of uterine fibroids and evaluate the possibility of their use for patient selection.

Material and methods. Retrospective analysis of 67 FUS ablations (67 women, 94 fibroids) was performed. We evaluated the characteristics of fibroids (standardized signal intensity (SSI) and signal heterogeneity in T2-WI, the maximum diameter, the distance to the skin and to the sacrum during FUS, volume, non-perfused volume (NPV), MR-type), sonication energy and patients age. Standardization of the fibroid signal intensity was performed by using the signal intensity from iliac muscle. Correlation between NPV and quantitative characteristics was calculated. ROC-analysis was performed for determination of the optimal SSI threshold value required to achieve NPV $\geq 50\%$. We evaluated the relation between MR-type of fibroids, NPV ratio and SSI.

Results. Post treatment NPV ratio was $57.1 \pm 22.5\%$. NPV for 1 type fibroids ($n = 67$) was $63.4 \pm 19.7\%$, for 2 type ($n = 20$) – $46.8 \pm 19.5\%$ and for 3 type ($n = 7$) – $26.4 \pm 21\%$. Differences between groups was significant ($p < 0.05$).

SSI showed significant correlation with NPV ratio ($R = -0.28$, $p < 0.01$). Significant correlation between NPV ratio and others quantitative characteristics was not detected.

Выявлена значимая корреляция значений NPV и стандартизированной интенсивности МР-сигнала от миомы ($R=-0,28$, $p<0,01$). Значимой корреляции между NPV и другими количественными показателями не обнаружено.

Миомы с интенсивностью сигнала $\leq 1,4$ характеризовались $NPV \geq 50\%$ (чувствительность 72,7%, специфичность 71,4%, $p<0,01$, AUC 0,72).

Выявлено различие значений интенсивности сигнала от миом разных МР-типов ($p<0,05$). Значения интенсивности МР-сигнала $\leq 1,4$ характерны только для миом I МР-типа.

Заключение. Количественный показатель интенсивности МР-сигнала от миомы на T2-ВИ может применяться в качестве дополнительного объективного критерия для прогнозирования непосредственных результатов лечения и отбора пациенток для ФУЗ-абляции. Хорошие результаты лечения миом матки ($NPV \geq 50\%$) в большинстве случаев могут быть достигнуты при значении данного показателя $\leq 1,4$.

Ключевые слова: миома матки; магнитно-резонансная томография; стандартизованная интенсивность сигнала; фокусированный ультразвук; абляция.

Для цитирования: Загвоздкин Е.С., Синец В.Е., Мершина Е.А. Влияние количественных характеристик на эффективность абляции миом матки фокусированным ультразвуком под контролем магнитно-резонансной томографии: целесообразность использования значений интенсивности магнитно-резонансного сигнала от миомы на T2-взвешенных изображениях в качестве критерия при отборе пациенток. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 185–91. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-185-191

Для корреспонденции: Загвоздкин Евгений Сергеевич; E-mail: bbmensh@yandex.ru

Введение

Миомы относятся к наиболее распространенным доброкачественным опухолям женской репродуктивной системы, клинические проявления миом отмечаются у 25% женщин в общей возрастной группе и у 30–40% женщин после 40 лет. В подавляющем числе случаев пациенткам с клиническими проявлениями миом матки требуется лечение [1, 2].

С 2004 г. в клинической практике начал использоваться новый метод лечения миом матки – абляция фокусированным ультразвуком под контролем МРТ (МРТкФУЗ) [3–5]. В основе данного метода лежит дистанционное воздействие ультразвуковых волн, фокусированных в прицельном участке внутри организма, под контролем МРТ, приводящее к локальному нагреванию и некрозу ткани миоматозного узла. По сравнению с другими методами лечения миомы матки МРТкФУЗ-абляция обладает рядом преимуществ: неинвазивность, органосохраняющий характер лечения, отсутствие кли-

нически значимого общего воздействия на организм и временной утраты трудоспособности, необходимости в реабилитации [3–8]. Результаты ряда исследований свидетельствуют о безопасности использования данного метода у пациенток, планирующих беременность [3].

Эффективность МРТкФУЗ-абляции в лечении миом матки подтверждена во многих научных работах, тем не менее наблюдается значительный разброс как непосредственных (значения неперфузируемого объема), так и отдаленных (степень уменьшения объема миоматозного узла) результатов [4, 9–16]. Ключевым моментом для достижения хороших результатов лечения является правильный отбор пациенток. В настоящее время продолжается изучение факторов, влияющих на эффективность ФУЗ-абляции миом матки. Актуальным представляется поиск объективных количественных характеристик, которые могут использоваться для прогнозирования результата лечения и отбора пациенток для ФУЗ-абляции.

Fibroids with $SSI \leq 1.4$ characterized $NPV \geq 50\%$ (sensitivity 72.7%, specificity 71.4%, $p<0.01$, AUC 0.72).

MR-types of fibroids were characterized by different SSI ($p<0.05$). $SSI \leq 1/4$ was characteristic only for 1 type fibroids.

Conclusion. SSI can be used as an additional objective criterion for prediction of FUS results and patient selection. Good results of FUS ($NPV \geq 50\%$) in most cases can be achieved for fibroids with $SSI \leq 1.4$.

Index terms: uterine fibroid; magnetic resonance imaging; standardized signal intensity; focused ultrasound; ablation.

For citation: Zagvozdkin E.S., Sinitsyn V.E., Mershina E.A. Influence of quantitative characteristics on MRI-guided focused ultrasound ablation of uterine fibroids: the potential use of signal intensity values from fibroid in T2-WI as a criterion for patient selection. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 185–91 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-185-191

For correspondence: Evgeniy S. Zagvozdkin; E-mail: bbmensh@yandex.ru

Information about authors:

Zagvozdkin E.S., orcid.org/0000-0002-0754-3409

Sinitsyn V.E., orcid.org/0000-0002-5649-2193

Mershina E.A., orcid.org/0000-0002-1266-4926

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received February 1, 2017

Accepted March 6, 2017

Материал и методы

Работа выполнена на базе ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России. Ретроспективно проанализированы результаты 67 процедур ФУЗ-абляции миом матки (67 пациенток), проведенных в период с 2010 по 2015 г. На момент лечения все пациентки находились в репродуктивном или пременопаузальном периоде. Критерием исключения являлось лечение миом матки до выполнения ФУЗ-абляции (в том числе ранее выполненная абляция). Количество миоматозных узлов, подвергшихся лечению, составило 94.

Процедура ФУЗ-абляции проводилась на интегрированной системе, включающей магнитно-резонансный томограф Signa EchoSpeed 1,5T EXCITE (General Electric Medical Systems) и систему ФУЗ-абляции ExAblate 2000 (InSightec Ltd.). МР-исследования выполнялись в трех стандартных взаимно перпендикулярных плоскостях с получением перед абляцией T2-взвешенных изображений (TR 4200, TE 102, матрица 384×224 , толщина среза

4 мм, интервал между срезами 1 мм, поле обзора 36) и T1-ВИ с подавлением сигнала от жира (TR 300, TE 70, матрица 384×224, толщина среза 4 мм, интервал между срезами 1 мм, поле обзора 36), после абляции – T1-ВИ с подавлением сигнала от жира после внутривенного введения контрастного препарата (аналогичные характеристики).

При помощи МРТ оценивались следующие характеристики миом: МР-тип, стандартизированная интенсивность и неоднородность МР-сигнала, максимальный диаметр, расстояние от узла до кожи и до крестца во время ФУЗ-абляции, объем и неперфузируемый объем (NPV) после лечения. МР-тип миом определялся в зависимости от преобладающей интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ по отношению к миометрию и скелетным мышцам. I МР-тип («темные» миомы) характеризовался преобладанием сигнала низкой интенсивности, II МР-тип («серые» миомы) – преобладанием сигнала промежуточной интенсивности и III МР-тип («белые» миомы) – сигнала высокой интенсивности (рис. 1).

Тип миом оценивался на этапе отборочного МР-исследования 7 рентгенологами (одним врачом в каждом конкретном случае). Стандартизированная интенсивность МР-сигнала от миомы определялась как отношение средней интенсивности сигнала на T2-ВИ от всего объема миоматозного узла к интенсивности сигнала от подвздошных мышц. Неоднородность МР-сигнала миоматозного узла вычислялась как разность значений стандартного отклонения интенсивности сигнала от миомы и интенсивности сигнала от окружающего пациентку воздуха (шум). Объемы и средние значения интенсивности МР-сигнала от миоматозных узлов определялись полуавтоматическим методом на рабочей станции Advantage Workstation AW4.6 (General Electric, США).

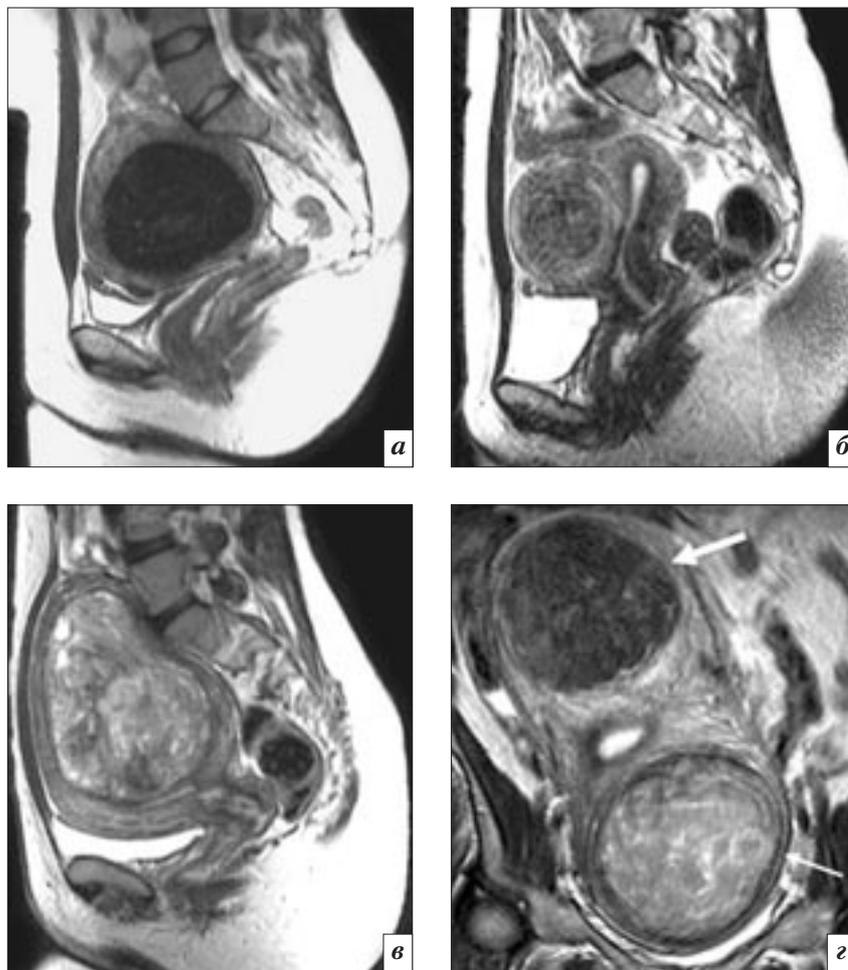


Рис. 1. МРТ малого таза, T2-ВИ: а – сагиттальная плоскость, миома I МР-типа («темная»); б – сагиттальная плоскость, миома II МР-типа («серая»); в – сагиттальная плоскость, миома III МР-типа («белая»); г – корональная плоскость, сочетание миом I (толстая стрелка) и III (тонкая стрелка) МР-типов

Интенсивность МР-сигнала от подвздошных мышц на T2-ВИ определялась с помощью установки области интереса (ROI) на левой и правой подвздошных мышцах на нескольких последовательных аксиальных срезах и по-

следующего вычисления среднего значения интенсивности сигнала (рис. 2). Показатель NPV вычислялся как отношение объема миомы без накопления контрастного препарата к общему объему миомы, выраженное в процентах.



Рис. 2. МРТ малого таза, T2-ВИ, аксиальная плоскость. Измерение средней интенсивности (A_v) и стандартного отклонения интенсивности (Std) МР-сигнала от миомы (ROI 1) и интенсивности сигнала от подвздошных мышц (ROI 2, 3)

Статистическая обработка осуществлялась с помощью пакета программ Statistica 8.0 (США). Для оценки взаимосвязи между количественными переменными вычисляли коэффициент корреляции Спирмена. Поиск порогового значения интенсивности МР-сигнала от миомы с наибольшими значениями чувствительности и специфичности в рамках рассматриваемой модели проводился по результатам ROC-анализа. Для сравнения групп по значениям количественного признака использовался U-критерий Манна–Уитни. Полученные результаты считались статистически значимыми при значениях $p < 0,05$.

Результаты

Средний возраст пациенток составил $40,6 \pm 6,1$ года; ФУЗ-абляция миоматозных узлов у каждой пациентки продолжалась в среднем 245 ± 66 мин, среднее количество соникаций на одну процедуру составило 64 ± 29 ($n=67$). У 48 (71,6%) пациенток выполнено лечение 1 миоматозного узла, у 14 (20,9%) – 2 узлов, у 4 (6%) – 3 узлов и у 1 (1,5%) пациентки – 6 миоматозных узлов.

Среди миоматозных узлов, подвергшихся ФУЗ-абляции, 67 миом относились к I МР-типу («темные» миомы), 20 – ко II МР-типу («серые» миомы) и 7 – к III МР-типу («белые» миомы).

Миоматозные узлы ($n=94$) обладали следующими количественными характеристиками: максимальный диаметр $51,1 \pm 21$ мм (медиана 50,5 мм, диапазон 17–102 мм); объем перед лечением $74,4 \pm 88,1$ см³ (медиана 46,9 см³, диапазон 2–509 см³); расстояние до кожи $39,9 \pm 16,6$ мм (медиана 38,5 мм, диапазон 16–84 мм); расстояние до крестца $38,4 \pm 23,2$ мм (медиана 37 мм, диапазон 2–98 мм); стандартизованное значение интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ $1,5 \pm 0,6$ (медиана 1,3, диапазон 0,8–3,8); неоднородность МР-сигнала на T2-ВИ $6,8 \pm 4,5$ (медиана 5,5, диа-

Коэффициент корреляции Спирмена между значениями NPV (%) миом непосредственно после ФУЗ-абляции и другими количественными показателями

Показатель	R	p
Возраст пациентки	0,04	>0,05
Максимальный диаметр миомы перед ФУЗ-абляцией	0,09	>0,05
Объем миомы перед ФУЗ-абляцией	0,08	>0,05
Интенсивность МР-сигнала от миомы	-0,28	<0,01
Неоднородность МР-сигнала от миомы	-0,03	>0,05
Расстояние до кожи	-0,09	>0,05
Расстояние до крестца	-0,09	>0,05
Средняя энергия соникаций	0,11	>0,05
Максимальная энергия соникаций	0,09	>0,05

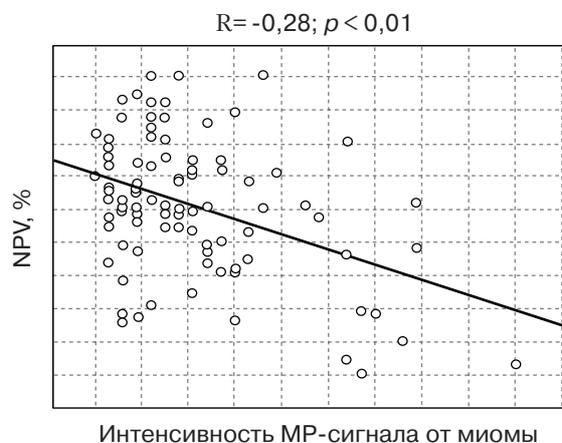


Рис. 3. Корреляционная зависимость между показателями NPV и интенсивностью МР-сигнала от миомы

пазон 1,4–24,5). Средняя энергия соникаций при лечении миом составила 2755 ± 1221 Дж (медиана 2215 Дж, диапазон 1100–6050 Дж), максимальная энергия соникаций 3230 ± 1527 Дж (медиана 2600 Дж, диапазон 1202–6400 Дж).

При оценке результатов лечения 94 миом матки среднее значение NPV непосредственно после ФУЗ-абляции равнялось $57,1 \pm 22,5\%$. Проведен корреляционный анализ для оценки влияния вышеописанных количественных показателей на величину неперфузируемого объема (см. таблицу).

Выявлена значимая ($p < 0,01$) обратная корреляция значений NPV после ФУЗ-абляции и показателя интенсивности МР-сигнала от миомы (рис. 3). Таким образом, более высокие значения

неперфузируемого объема наблюдались у миом с более низкой интенсивностью МР-сигнала.

Значимой корреляции между показателем NPV и другими рассматриваемыми количественными показателями не обнаружено ($p > 0,05$).

Для определения порогового значения показателя интенсивности МР-сигнала от миомы, которое может использоваться в качестве дополнительного критерия при отборе пациенток для ФУЗ-абляции, проведен ROC-анализ (рис. 4). В качестве благоприятного исхода лечения рассматривалось значение неперфузируемого объема после ФУЗ $\geq 50\%$. По результатам анализа, миомы со значениями стандартизованной интенсивности МР-сигнала $\leq 1,4$ характеризовались

NPV $\geq 50\%$ (чувствительность 72,7%, специфичность 71,4%, $p < 0,01$). Значение площади под кривой (AUC) составило 0,72, что соответствует хорошему качеству модели.

При сопоставлении интенсивности МР-сигнала с МР-типом (рис. 5) установлено, что медиана значений стандартизированной интенсивности МР-сигнала от миом составила: 1,1 (диапазон 0,8–2) для миом I МР-типа ($n=67$), 1,85 (диапазон 1,5–2,7) для миом II типа ($n=20$) и 3 (диапазон 2,6–3,8) для миом III типа ($n=7$). Значения показателя значительно различались между группами ($p < 0,05$). Значения интенсивности МР-сигнала в интервале от 1,5 до 2 наблюдались одновременно у миом I и II МР-типов, от 2,6 до 2,7 – у миом II и III МР-типов. Следует отметить, что полученные по результатам ROC-анализа пороговое и более низкие значения интенсивности МР-сигнала ($\leq 1,4$) характерны только для миом I МР-типа, при этом данные значения МР-сигнала наблюдались у 56 (83,6%) из них.

Среднее значение NPV непосредственно после ФУЗ-абляции составило: $63,4 \pm 19,7\%$ для миом I МР-типа ($n=67$), $46,8 \pm 19,5\%$ для миом II типа ($n=20$) и $26,4 \pm 21\%$ для миом III типа ($n=7$). Данные группы значительно отличались друг от друга по значениям неперфузируемого объема ($p < 0,05$). Наибольшие значения NPV наблюдались у миом I МР-типа (рис. 6).

Обсуждение

В исследованиях, посвященных оценке результатов МРТкФУЗ-абляции, установлено, что значение показателя NPV непосредственно после абляции определяет степень последующего уменьшения объема миоматозного узла и выраженности клинических проявлений, а также отрицательно коррелирует с частотой возникновения необходимости повторного лечения [4, 12, 17, 18].

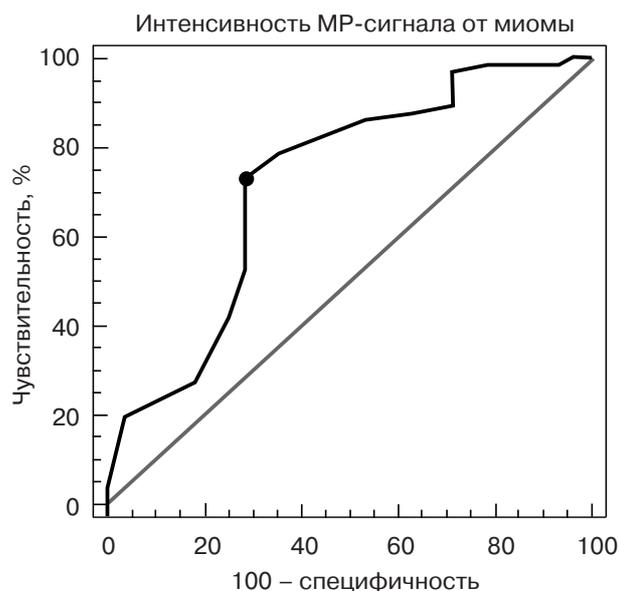


Рис. 4. ROC-кривая. Точкой отмечена локализация порогового значения показателя интенсивности МР-сигнала от миомы (1,4)

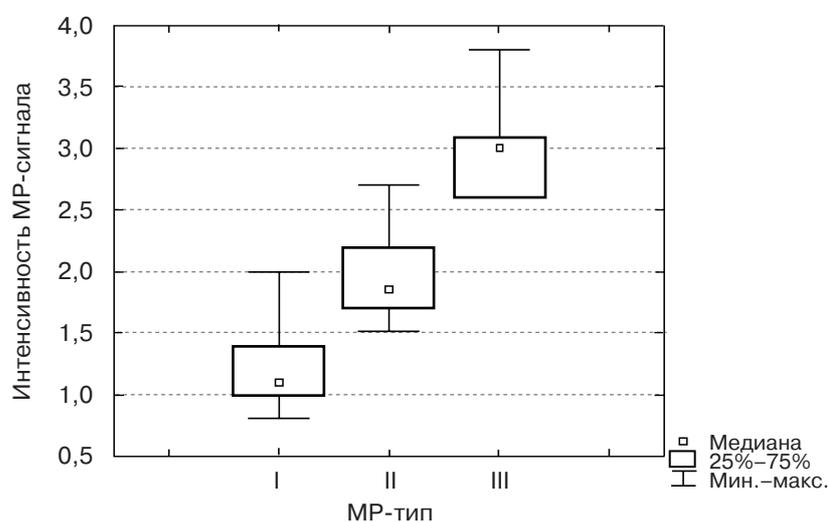


Рис. 5. Диаграмма размаха значений стандартизированной интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ для групп миом разных МР-типов

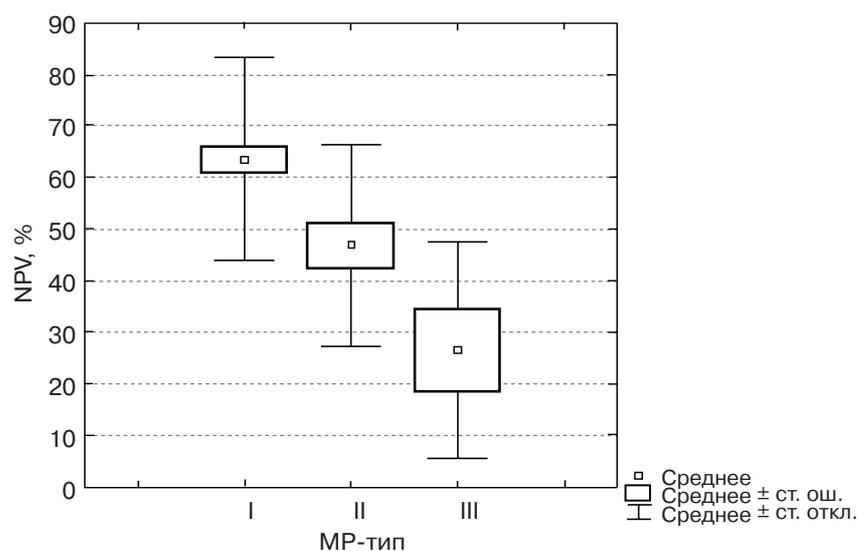


Рис. 6. Диаграмма размаха значений NPV для групп миом разных МР-типов

Таким образом, показатель NPV считается единственным критерием эффективности ФУЗ-абляции непосредственно после процедуры, а также предиктором успеха лечения.

Интенсивность МР-сигнала на Т2-ВИ отражает морфологические особенности миоматозного узла (преобладание соединительной или гладкомышечной ткани), наличие отека, дегенеративных изменений и в ряде случаев позволяет оценить пролиферативную активность миомы [6, 19, 20]. Во многих научных работах продемонстрировано влияние интенсивности МР-сигнала от миомы на Т2-ВИ на значения NPV непосредственно после ФУЗ-абляции [4, 12, 14, 15, 18, 21–23]. Оценка интенсивности МР-сигнала от миомы в большинстве исследований проводилась на качественном субъективном уровне, с разделением миоматозных узлов на две или три группы в зависимости от интенсивности МР-сигнала от скелетных мышц или миометрия. Наилучшие непосредственные результаты лечения отмечались в случае однородных гипоинтенсивных на Т2-ВИ узлов, то есть узлов I МР-типа («темные» миомы).

В недавнем исследовании Н. Park et al. проведены количественная оценка интенсивности МР-сигнала от 43 миом со стандартизацией относительно скелетных мышц и жировой ткани и сопоставление со значениями NPV после ФУЗ-абляции [24]. По результатам исследования показана возможность применения количественного показателя интенсивности МР-сигнала при отборе пациенток для ФУЗ-абляции миом матки. Основным ограничением исследования являлось отсутствие миом с высокой интенсивностью МР-сигнала.

В нашем исследовании проведен анализ ряда количественных показателей, при этом единственным показателем, значимо влияющим на NPV после ФУЗ-абляции, оказалась стандартизи-

рованная интенсивность МР-сигнала от миомы ($p < 0,01$). Установлено, что миомы с меньшей интенсивностью МР-сигнала характеризуются большими значениями NPV. Наилучшие непосредственные результаты ФУЗ-абляции (на основании показателя NPV) отмечены у миом I МР-типа, что согласуется с данными других исследований. Выявлено пороговое значение стандартизированной интенсивности МР-сигнала от миоматозных узлов на Т2-ВИ: при значениях данного показателя $\leq 1,4$ неперфузируемый объем миом после ФУЗ составил 50% и более (чувствительность 72,7%, специфичность 71,4%, $p < 0,01$), что является хорошим результатом лечения. При этом все миомы с интенсивностью сигнала $\leq 1,4$ являлись миомами I МР-типа и интенсивность сигнала от 83,6% «темных» миом находилась в данных пределах, что позволяет использовать выявленное пороговое значение в качестве количественного критерия для миом I МР-типа.

Заключение

Количественный показатель интенсивности МР-сигнала от миомы на Т2-ВИ может применяться в качестве дополнительного объективного критерия для прогнозирования непосредственных результатов лечения и отбора пациенток для ФУЗ-абляции. Хорошие результаты лечения миом матки ($NPV \geq 50\%$) в большинстве случаев могут быть достигнуты при значении данного показателя $\leq 1,4$.

Возраст пациентки, диаметр и объем миомы перед лечением, расстояние от миомы до кожи и крестца, неоднородность МР-сигнала от миомы на Т2-ВИ и величина энергии соникаций не оказывают статистически значимого влияния на величину неперфузируемого объема и, следовательно, не могут использоваться для прогнозирования непосредственных результатов ФУЗ-абляции миоматозных узлов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Okolo S. Incidence, aetiology and epidemiology of uterine fibroids. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol.* 2008; 22 (4): 571–88.
2. Савицкий Г.А., Савицкий А.Г. Миома матки: проблемы патогенеза и патогенетической терапии. 3-е изд. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2003. [Savitskiy G.A., Savitskiy A.G. Uterine fibroids: problems of pathogenesis and pathogenetic therapy. 3d edn. St. Petersburg: ELBI-SPb; 2003 (in Russ.).]
3. Clark N.A., Mumford S.L., Segars J.H. Reproductive impact of MRI-guided focused ultrasound surgery for fibroids: a systematic review of the evidence. *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.* 2014; 26 (3): 151–61.
4. Gizzo S., Saccardi C., Patrelli T.S., Ancona E., Noventa M., Fagherazzi S. et al. Magnetic resonance-guided focused ultrasound myomectomy: safety, efficacy, subsequent fertility and quality-of-life improvements, a systematic review. *Reprod. Sci. Thousand Oaks Calif.* 2014; 21 (4): 465–76.
5. Chapman A., ter Haar G. Thermal ablation of uterine fibroids using MR-guided focused ultrasound – a truly non-invasive treatment modality. *Eur. Radiol.* 2007; 17 (10): 2505–11.
6. Лядов К.В., Сидорова И.С., Курашвили Ю.Б., Степанов А.В. Дистанционная неинвазивная абляция тканей фокусированным ультразвуком под контролем магнитно-резонансной томографии в лечении миомы матки (руководство для врачей). М.: Лечебно-реабилитационный центр Росздрава; 2008. [Lyadov K.V., Sidorova I.S., Kurashvili Yu.B., Stepanov A.V. Remote non-invasive focused ultrasound ablation under magnetic resonance imaging guidance in the treatment of uterine fibroids (a guide for physicians). Moscow: Federal Center of Treatment and Rehabilitation; 2008 (in Russ.).]

7. Назаренко Г.И., Чен В.Ш., Хитрова А.Н. Ультразвуковая абляция HIFU – высокотехнологичная органосохраняющая альтернатива хирургического лечения опухолей. М.: МЦ Банка России; 2008. [Nazarenko G.I., Chen V.Sh., Khitrova A.N. Ultrasound ablation HIFU – high-technology organ-preserving alternative to surgical treatment of tumors. Moscow: Medical Center of Bank of Russia; 2008 (in Russ.).]
8. Самойлова Т.Е. Неоперативные методы лечения миомы матки. *Лечащий врач*. 2010; 3: 53–60. [Samoylova T.E. Non-operational treatment of uterine fibroids. *Lechashchiy Vrach (Attending Doctor, Russian journal)*. 2010; 3: 53–60 (in Russ.).]
9. Hesley G.K., Gorny K.R., Woodrum D.A. MR-guided focused ultrasound for the treatment of uterine fibroids. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2013; 36 (1): 5–13.
10. Stewart E.A., Gostout B., Rabinovici J., Kim H.S., Regan L., Tempny C.M. Sustained relief of leiomyoma symptoms by using focused ultrasound surgery. *Obstet. Gynecol.* 2007; 110 (2): 279–87.
11. Funaki K., Fukunishi H., Sawada K. Clinical outcomes of magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery for uterine myomas: 24-month follow-up. *Ultrasound Obstet. Gynecol. Off. J. Int. Soc. Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2009; 34 (5): 584–9.
12. Лазуткина В.Ю., Чунаева Е.А., Азнауров В.Г., Синицын В.Е., Мершина Е.А. Отдаленные результаты лечения «темных» миом матки методом ФУЗ-абляции. *Лучевая диагностика*. 2013; 2: 28–31. [Lazutkina V.Yu., Chunaeva E.A., Aznaurov V.G., Sinityn V.E., Mershina E.A. Long-term results of the “dark” uterine fibroids treatment by FUS ablation. *Lučevaya diagnostika (Diagnostic Radiology, Russian journal)*. 2013; 2: 28–31 (in Russ.).]
13. LeBlang S.D., Hoctor K., Steinberg F.L. Leiomyoma shrinkage after MRI-guided focused ultrasound treatment: report of 80 patients. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 194 (1): 274–80.
14. Gorny K.R., Woodrum D.A., Brown D.L., Henrichsen T.L., Weaver A.L., Amrami K.K. et al. Magnetic resonance-guided focused ultrasound of uterine leiomyomas: review of a 12-month outcome of 130 clinical patients. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2011; 22 (6): 857–64.
15. Kim H.S., Baik J.H., Pham L.D., Jacobs M.A. MR-guided high-intensity focused ultrasound treatment for symptomatic uterine leiomyomata: long-term outcomes. *Acad. Radiol.* 2011; 18 (8): 970–6.
16. Trumm C.G., Stahl R., Clevert D.A., Herzog P., Mindjuk I., Kornprobst S. et al. Magnetic resonance imaging-guided focused ultrasound treatment of symptomatic uterine fibroids: impact of technology advancement on ablation volumes in 115 patients. *Invest. Radiol.* 2013; 48 (6): 359–65.
17. Stewart E.A. Clinical practice. Uterine fibroids. *N. Engl. J. Med.* 2015; 372 (17): 1646–55.
18. Gorny K.R., Borah B.J., Brown D.L., Woodrum D.A., Stewart E.A., Hesley G.K. Incidence of additional treatments in women treated with MR-guided focused US for symptomatic uterine fibroids: review of 138 patients with an average follow-up of 2.8 years. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2014; 25 (10): 1506–12.
19. Hudson S.B.A., Stewart E.A. Magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery. *Clin. Obstet. Gynecol.* 2008; 51 (1): 159–66.
20. Swe T.T., Onitsuka H., Kawamoto K., Ueyama T., Tsuruchi N., Masuda K. Uterine leiomyoma: correlation between signal intensity on magnetic resonance imaging and pathologic characteristics. *Radiat. Med.* 1992; 10 (6): 235–42.
21. Rueff L.E., Raman S.S. Clinical and technical aspects of MR-guided high intensity focused ultrasound for treatment of symptomatic uterine fibroids. *Semin. Interv. Radiol.* 2013; 30 (4): 347–53.
22. Fennessy F.M., Tempny C.M., McDannold N.J., So M.J., Hesley G., Gostout B. et al. Uterine leiomyomas: MR imaging-guided focused ultrasound surgery – results of different treatment protocols. *Radiology*. 2007; 243 (3): 885–93.
23. Funaki K., Fukunishi H., Funaki T., Sawada K., Kaji Y., Maruo T. Magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery for uterine fibroids: relationship between the therapeutic effects and signal intensity of preexisting T2-weighted magnetic resonance images. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2007; 196 (2): 184.e1–e6.
24. Park H., Yoon S.-W., Sokolov A. Scaled signal intensity of uterine fibroids based on T2-weighted MR images: a potential objective method to determine the suitability for magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery of uterine fibroids. *Eur. Radiol.* 2015; 25 (12): 3455–8.

Поступила 01.02.2017
Принята к печати 06.03.2017

РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКА ГИГАНТСКОГО КОПРОЛИТА СИГМОВИДНОЙ КИШКИ

М.И. Давидов, к. м. н., доцент кафедры факультетской хирургии;
В.В. Штапова, ассистент курса лучевой диагностики;
А.В. Файнштейн, ассистент кафедры факультетской хирургии;
О.Е. Никонова, ассистент кафедры факультетской хирургии

ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера»
Минздрава России,
ул. Петропавловская, 26, Пермь, 614990, Российская Федерация

X-RAY DIAGNOSIS OF A GIANT SIGMOID COPROLITH IN THE SIGMOID COLON

M.I. Davidov, MD, PhD, Associate Professor of Chair of Faculty Surgery;
V.V. Shtapova, Assistant Professor of Course of Radiation Diagnosis;
A.V. Faynshteyn, Assistant Professor of Chair of Faculty Surgery;
O.E. Nikonova, Assistant Professor of Chair of Faculty Surgery

Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner,
Ministry of Health of the Russia,
ul. Petropavlovskaya, 26, Perm, 614990, Russian Federation

Представлено редкое наблюдение гигантского копролита в сигмовидной кишке (размером 22×15×12 см, массой 3250 г) у 28-летнего мужчины. При применении общеклинических и эндоскопических методов был установлен ошибочный диагноз «внеорганный внекишечная опухоль брюшной полости». Квалифицированное применение рентгенологических методов и особенно мультidetекторной компьютерной томографии с 3D-реконструкцией позволило поставить точный предоперационный диагноз «копролит сигмовидной кишки» и провести успешную операцию. Полученные результаты свидетельствуют, что мультidetекторная компьютерная томография – наиболее информативный метод диагностики копролитов.

Ключевые слова: кишечный камень; сигмовидная кишка; лучевая диагностика; мультidetекторная компьютерная томография.

Для цитирования: Давидов М.И., Штапова В.В., Файнштейн А.В., Никонова О.Е. Рентгенодиагностика гигантского копролита сигмовидной кишки. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 192–6. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-192-196

Для корреспонденции: Никонова Ольга Евгеньевна; E-mail: nikonova-olga@yandex.ru

The paper describes a rare case of a giant calculus (measuring 22×15×12 cm and weighing 3250 g) in the sigmoid colon in a 28-year-old man. Extraorgan extraintestinal tumors of the abdominal cavity were misdiagnosed by endoscopic techniques. The efficient use of radiologic methods and especially multidetector computed tomography with 3D reconstruction allowed one to make an accurate preoperative diagnosis of a coprolith in the sigmoid colon and to perform successful surgery.

Index terms: intestinal calculus; sigmoid colon; radiodiagnosis; multidetector computed tomography.

For citation: Davidov M.I., Shtapova V.V., Faynshteyn A.V., Nikonova O.E. X-ray diagnosis of a giant sigmoid coprolith in the sigmoid colon. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 192–6 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-192-196

For correspondence: Ol'ga E. Nikonova; E-mail: nikonova-olga@yandex.ru

Information about authors:

Davidov M.I., orcid.org/0000-0002-8932-2844
Shtapova V.V., orcid.org/0000-0002-2738-2163
Faynshteyn A.V., orcid.org/0000-0002-3471-2140
Nikonova O.E., orcid.org/0000-0002-4829-1877

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received May 12, 2017

Accepted May 26, 2017

Введение

Образование камней в кишечнике относится к редким явлениям [1–3], в связи с чем врачи плохо знакомы с клиникой заболевания, а методы диагностики разработаны недостаточно [4, 5]. На формирование кишечных камней влияют обменные нару-

шения, аномалии развития кишечника, особенно болезнь Гиршпрунга, патологические процессы, приводящие к развитию рубцовых стриктур и спайкообразованию, а также функциональные расстройства, обуславливающие застой кишечного содержимого [1, 3, 4]. Образованию

в кишечнике конкрементов способствует попадание в него растительных волокон, волос, фруктовых косточек, глины, бария, некоторых лекарственных препаратов, которые покрываются плотным кишечным содержимым и отложениями солей [5, 6]. Копролиты (кишечные каловые

камни, или фекаломы) – плотные образования, сформировавшиеся в толстой или прямой кишке. Нередко они приобретают плотность природного камня [4]. Больным с копролитом часто ставят ошибочные диагнозы опухоли брюшной полости и малого таза, толстой кишки, матки, яичника [3, 7]. По нашему опыту [4, 8], рентгенодиагностика копролитов более информативна, чем ультразвуковое исследование (УЗИ) и эндоскопические методы.

Случаи гигантских копролитов очень редки [9, 10]. Так, С.В. Клепиков и А.А. Шарманов [11] наблюдали гигантский копролит массой 3 кг, а В.Ф. Царюк и И.П. Владанов [7] – копролит диаметром 20 см. Тем интереснее наше наблюдение.

Цель работы – изучить современные возможности рентгенодиагностики копролитов на примере лечения больного с гигантским кишечным камнем в сигмовидной кишке.

Для диагностики использованы общеклинические методы, эзофагогастродуоденоскопия, фиброколоноскопия, обзорная рентгенография брюшной полости, рентгеноконтрастное исследование желудочно-кишечного тракта с пероральным приемом серно-кислого бария и мультидетекторная компьютерная томография с 3D-реконструкцией на аппарате фирмы General Electric.

Клиническое наблюдение

Больной К., 28 лет, поступил в отделение колопроктологии ГКБ № 2 г. Перми 31.08.2015 г. с жалобами на дискомфорт, чувство тяжести и тупые боли в животе, анальное недержание. Болен с раннего детства. Через несколько дней после рождения по поводу атрезии заднего прохода была выполнена пластика анального канала и сфинктера прямой кишки. После этого в течение всей последующей жизни наблюдалось парадоксальное сочетание задержки плотных каловых масс вследст-

вие болезни Гиршпрунга и недержание полужидкого кишечного содержимого в связи с недостаточностью сфинктеров прямой кишки. Состояние ухудшилось с марта 2015 г., когда появились распирающие боли в животе, и больной прощупал у себя опухоль в нижней части живота. Обратился к терапевту поликлиники, который заподозрил опухоль брюшной полости. В августе 2015 г. обследовался в онкодиспансере. Из онкодиспансера направлен в отделение колопроктологии ГКБ № 2 с диагнозом «внеорганный (внекишечный) опухоль брюшной полости».

При поступлении состояние удовлетворительное. Периферические лимфоузлы не пальпируются. Пульс 72 уд/мин. Артериальное давление 110/70 мм рт. ст. Язык влажный, обложен бело-серым налетом. Живот слегка вздут, асимметричен; пальпаторно мягкий, незначительно болезненный в надлобковой и левой подвздошной областях. Между лонном и пупком отчетливо пальпируется округлое малоподвижное опухолевидное образование деревянистой консистенции размером 22×15×12 см. Перкуторно над образованием определяется тупой звук. Перитонеальные симптомы не выявляются. При наружном осмотре перианальной области обнаружен циркулярный рубец вокруг искусственного анального канала. Тонус анального сфинктера резко снижен. В просвете прямой кишки инородные тела и опухоли не определяются.

Проведено обследование. Анализы крови и мочи, эзофагогастродуоденоскопия и рентгеноскопия органов грудной клетки не выявили патологии. *Фиброколоноскопия*: инструмент встретил непреодолимое препятствие в 8 см от анального канала, из-за плохой видимости обнаружить патологические образования в просвете кишки не удалось.

На обзорной рентгенограмме брюшной полости (рис. 1) в ниж-

нем этаже брюшной полости и таза определяется шаровидная тень размером 15×13 см, интенсивная, неомогенная, содержащая более плотные включения, обызвествления в наружном слое и импрегнированная сульфатом бария, задержавшимся после предыдущих исследований в онкодиспансере. Имеются следы бариевой взвеси выше и левее тени образования. При рентгеноскопии брюшной полости указанное образование отчетливо пальпируется и слегка смещается (на 2–3 см) в стороны и вверх.

Проведено *рентгеноконтрастное исследование ЖКТ* с пероральным приемом бариевой взвеси. Пищевод не изменен, свободно проходим. Желудок тоничен, подвижен, перистальтика глубокая. Луковица ДПК без патологии. Подкова ДПК развернулась обычно, не отгеснена. Прослежен пассаж бариевой взвеси с рентгеноконтролем через 3, 7, 13, 27, 36, 46, 60, 71 и 96 ч после его перорального приема в положении стоя, лежа на спине, на боку, на животе. Обнаружен резко замедленный пассаж бария по тонкой кишке и особенно по толстой кишке. Петли тонкой кишки заполнились через 7 ч и отгеснены



Рис. 1. Обзорная рентгенограмма брюшной полости больного К., 28 лет. В области таза визуализируется неомогенная шаровидная тень размером 15×13 см, с четкими контурами, импрегнированная бариевой взвесью

кверху выявленным объемным образованием таза. Через 13 ч выполнен купол слепой кишки. Через 36 ч ретроградно заполнились контрастом дистальные петли подвздошной кишки вследствие рефлюкса бария из слепой кишки, барий выполнил проксимальную треть поперечной ободочной кишки. Через 46 ч сохраняется контраст в дистальных петлях подвздошной кишки, барий продвинулся в левые отделы толстой кишки, до начального отдела значительно удлинненной сигмовидной кишки. Через 71 ч (рис. 2) барий продвинулся в левые отделы толстой кишки, до значительно удлинненной сигмовидной кишки, которая умеренно раздута газом, делает дополнительную петлю, достигающую до левого изгиба толстой кишки. Описанное выше шаровидное образование расположено в просвете сигмовидной кишки. Через 96 ч небольшое количество бария задержалось в левых отделах толстой кишки и прямой кишке. Дистальный отдел сигмы расширен. Ректо-сигмоидный переход и прямая кишка сдавлены, оттеснены кзади образованием, просвет их сужен. Заключение: значительное замедление пассажа бариевой взвеси по тонкой и особенно по толстой кишке, образование (кишечный камень) в просвете удлинненной и резко расширенной сигмовидной кишки, долихосигма.

Больному выполнена *ультрадетекторная компьютерная томография* (МДКТ) на аппарате фирмы GE. Исследование дополнялось построением мультипланарных реконструкций в корональной и сагитальной плоскостях, а также 3D-изображений. Для визуализации просвета ЖКТ использован пероральный прием контрастного вещества – урографина. Заключение МДКТ: гигантский кишечный камень в просвете резко расширенной и удлинненной сигмовидной кишки (рис. 3–6). При МДКТ установлено, что помимо основной, бо-

лее плотной шаровидной части кишечного камня, выполняющей расширенный дистальный отдел сигмовидной кишки и занимающей почти весь таз, имеется продолжение камня вверх, в проксимальный отдел удлинненной сигмовидной кишки в виде продолговатой, менее плотной, относительно рыхлой его части. Эта часть копролита из-за меньшей плотности и отсутствия отложений извести была рентгенонегативна и поэтому не визуализировалась на обзорной рентгенограмме. В ходе МДКТ удалось установить ее наличие и определить истинные размеры копролита – 22×15×12 см, при этом обе части копролита переходят одна в другую и составляют неразрывное целое (см. рис. 3, 5, 6).

В результате комплексного современного рентгенологического исследования у больного К. отвергнут предварительный диагноз внекишечной (внекишечной) опухоли брюшной полости и установлен следующий окончательный диагноз: гигантский кишечный камень сигмовидной кишки. Болезнь Гиршпрунга с зоной аганглиоза в прямой кишке. Долихосигма. Анальная инконтиненция 3 ст. после операции по поводу атрезии прямой кишки в раннем детстве.

14.09.2015 г. под эндотрахеальным наркозом выполнена операция – лапаротомия, удаление кишечного камня, сигмоидэктомия. После широкой срединной лапаротомии обнаружена долихосигма, в дистальном и среднем отделах которой пальпаторно определялось плотное образование, вколоченное в просвет расширенной кишки. Аганглионарная зона прямой кишки резко сужена. Диаметр сигмовидной кишки увеличен до 15 см, стенка кишки со сглаженной гаустрацией, напоминает пергаментную бумагу. Учитывая наличие у больного анальной инконтиненции 3 ст. при отсутствии волокон наружного сфинктера, сделан вывод о нецелесообраз-

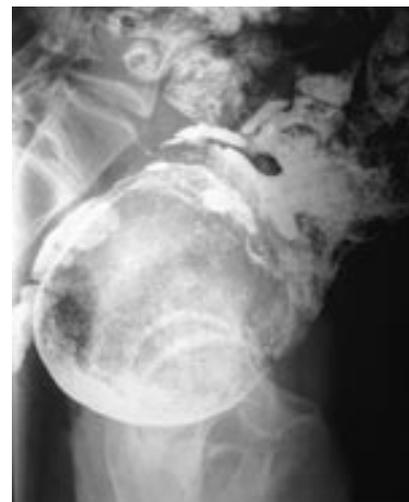


Рис. 2. Рентгеноконтрастное исследование ЖКТ через 71 ч после перорального приема бариевой взвеси. Прицельный снимок в боковой проекции. Видны расширенные петли сигмовидной кишки, заполненные контрастным веществом. В дистальном, резко расширенном отделе сигмовидной кишки – большой дефект наполнения, обусловленный гигантским кишечным камнем

ности проведения реконструктивной операции. Выполнена сигмоидэктомия с удалением калового камня. В левом мезогастррии сформирована одноствольная десцендостома.

Препарат: резко расширенная сигмовидная кишка с истонченными ригидными стенками. В ее просвете кишечный камень размером 22×15×12 см, грушевидной формы, очень тяжелый – массой 3 кг 250 г. В воде тонет. Имеет резкий, неприятный запах. Камень состоял из двух разных по плотности частей, и при удалении камня из просвета кишки произошла его фрагментация. Верхний продолговатый фрагмент имеет коричнево-серый цвет и рыхлую, глинистую консистенцию. При дальнейшем осмотре он фрагментировался на более мелкие части. Очевидно, эта верхняя часть кишечного камня являлась рентгеноконтрастной, не была видна на обзорной рентгенограмме, но тем не менее была успешно выявлена при МДКТ. Основной фрагмент камня (рис. 7) размером

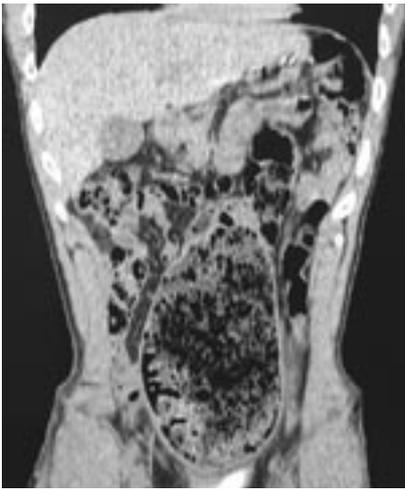


Рис. 3. Компьютерная томограмма органов брюшной полости, реконструкция изображения в корональной плоскости. Визуализируется гигантский копролит в просвете сигмовидной кишки, занимающий малый таз, нижний и средний этажи брюшной полости, оттесняющий кишечные петли в стороны



Рис. 4. Компьютерная томограмма брюшной полости после перорального приема контрастного вещества, реконструкция изображения в сагиттальной плоскости. В просвете расширенной сигмовидной кишки, заполненной контрастным веществом, наблюдается большое неомогенное образование (основная часть копролита). Контраст со всех сторон окружает основную (более плотную) нижнюю часть копролита, имеющую шаровидную форму, и импрегнирует более рыхлые массы второй части копролита, расположенной в вышележащем отделе сигмовидной кишки



Рис. 5. МДКТ брюшной полости, 3D-реконструкция. Огромный копролит грушевидной формы, находящийся в просвете сигмовидной кишки, выполняет значительную часть объема брюшной полости. Помимо более плотной округлой нижней части копролита определяется менее плотная верхняя часть кишечного камня удлиненной формы



Рис. 6. МДКТ брюшной полости, 3D-реконструкция. Отчетливо видно, что грушевидной формы гигантский копролит состоит из более плотной шаровидной части и менее плотной надшаровидной (верхней) части



Рис. 7. Основной (нижний) фрагмент удаленного кишечного камня

13×11×10 см имеет шаровидную форму, каменистую плотность, неровную поверхность темно-серого цвета. Поверхность основной части копролита содержит единичные фруктовые косточки и участки, импрегнированные солями извести. Последнее сделало эту часть камня рентгенопозитивной, видимой на обзорном

снимке. Ножом копролит не режется. С трудом проведен его распил. Структура основной части копролита неоднородная – встречаются белесоватые и более темные участки, единичные вкрапления фруктовых косточек, чрезвычайно уплотненные каловые массы, которые приобрели плотность природного камня.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Пациент выписан в удовлетворительном состоянии 21.09.2015 г. Осмотрен через 1 год. Чувствует себя значительно лучше, чем до операции (с раннего детства наблюдалась анальная инконтиненция). Колостома хорошо функционирует. Пациент получает медицинскую и социальную помощь в службе реабилитации стомированных больных, трудоспособен, работает руководителем учреждения.

Обсуждение

Представленное наблюдение уникально. У пациента, страдающего болезнью Гиршпрунга, сформировался кишечный камень гигантского размера (22×15×12 см), массой 3 кг 250 г. В литературе мы не встретили сообщений об успешном извлечении столь крупных копролитов.

На догоспитальном этапе больному установлен ошибочный диагноз внеорганной (внекишечной) опухоли брюшной полости, причиной чего стало неполное и недостаточно квалифи-

цированное обследование. В частности, не была выполнена компьютерная томография, а пассаж серно-кислого бария по просвету ЖКТ наблюдали непродолжительное время (менее суток), что не позволило диагностировать инородное тело в сигмовидной кишке. Поэтому в отделении колопроктологии были вынуждены повторить последнее исследование. При подозрении на наличие патологических образований в толстой кишке ценным альтернативным рентгенологическим методом является ирригоскопия (в некоторых случаях с использованием в качестве контрастного агента воздуха, а не серно-кислого бария, или одномоментное двойное контрастирование).

При УЗИ копролиты визуализируются в виде гиперэхогенных образований, дающих позади себя акустическую тень [8]. Мы имеем большой опыт диагностики кишечных камней путем фиброколоноскопии и ректороманоскопии [4]. Кишечные камни небольшого и среднего размера надежно распознаются этими методами. Но в нашем случае при копролите гигантского размера, который заполнил просвет кишки, фиброколоноскоп встретил непреодолимое препятствие, и рассмотреть камень не удалось.

Путем применения в специализированном отделении колопроктологии общеклинических и эндоскопических методов не удалось отвергнуть диагноз внеорганный опухоли брюшной полости. Только рентгенодиагностика с квалифицированным использованием как рутинных, так и современных (МДКТ) методов позволила установить точный диагноз.

Заключение

Данное наблюдение свидетельствует о высокой информа-

тивности мультidetекторной компьютерной томографии в диагностике кишечных камней. В сложном случае лечения у больного с гигантским копролитом лишь использование МДКТ позволило установить точный дооперационный диагноз и отказаться от ранее поставленного ошибочного диагноза опухоли.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Моисеев В.С., Варшавский В.А., Шаваров А.А., Решетин В.В., Петров А.А. Уратное гигантское опухолевидное образование с множественными мочекислыми скоплениями в стенке кишечника. *Терапевтический архив*. 2014; 86 (12): 22–5. [Moiseev V.S., Varshavskiy V.A., Shavarov A.A., Reshetin V.V., Petrov A.A. Urate huge tumor-like formation with multiple urate congestions in an intestines wall. *Terapevticheskiy Arkhiv (Therapeutic Archive, Russian journal)*. 2014; 86 (12): 22–5 (in Russ.).]
2. Taklit Y.C., Karamercan M.A., Coskun F. Radiopaque fecaloma presenting wich mimic foreign body. *I. Acad. Emerg. Med.* 2013; 12: 164–6.
3. Ha Y.Y., Hye W.P., Seong H.Ch., Sun H.B. Ileal fecaloma presenting with small bowel obstruction. *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* 2015; 18 (3): 193–6.
4. Субботин В.М., Давидов М.И., Абдрашитов Р.Р., Файнштейн А.В. Кишечные камни. *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии*. 2000; 10 (5): 56–62. [Subbotin V.M., Davidov M.I., Abdrashitov R.R., Faynshteyn A.V. Intestinal stones. *Rossiyskiy Zhurnal Gastroentero-*

logii, Gepatologii i Koloproktologii (Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology). 2000; 10 (5): 56–62 (in Russ.).]

5. Quassi M., Sielezneff I., Benoist S., Pirro N., Cretel E., Chaix I.B. et al. Lethal fecaloma. *I. Am. Geriatr. Soc.* 2007; 55: 965–7.
6. Давыдкин В.И., Анашкин С.Г. Минералобезоары желудка и тонкой кишки. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2001; 160 (4): 100–1. [Davydkin V.I., Anashkin S.G. Mineralobezoares of a stomach and small intestine. *Vestnik Khirurgii imeni I.I. Grekova (Herald of Surgery named after I.I. Grekov, Russian journal)*. 2001; 160 (4): 100–1 (in Russ.).]
7. Царюк В.Ф., Владанов И.П. Каловые камни толстой кишки в онкологической практике. *Здравоохранение (Кишинев)*. 1987; 5: 36–9. [Tsaryuck V.F., Vladanov I.P. Fecal stones of a thick gut in oncological practice. *Zdravookhranenie (Kishinev) (Healthcare (Kishinev), Moldova journal)*. 1987; 5: 36–9 (in Russ.).]
8. Давидов М.И. Ультразвуковая диагностика безоаров и кишечных камней. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2009; 4: 83–4. [Davidov M.I. Ultrasonic diagnostics of bezoars and intestinal stones. *Ul'trazvukovaya i Funktsional'naya Diagnostika (Ultrasound and Functional Diagnostics, Russian journal)*. 2009; 4: 83–4 (in Russ.).]
9. Rajagoral A., Martin J. Giant fecaloma with idiopathic sigmoid megacolon: raport of a case and review of the literature. *Diseases Colon Rectum*. 2002; 45: 833–5.
10. Garisto I.D., Campillo L., Edwards E., Harbour M., Ermocilla R. Giant fecaloma in a 12-year-old-boy: a case report. *Cases J.* 2009; 2: 127–8.
11. Клепиков С.В., Шарманов А.А. Длительно существовавший копролит. *Клиническая хирургия*. 1990; 2: 61–2. [Klepikov S.V., Sharmanov A.A. The long existing coprolite. *Klinicheskaya Khirurgiya (Clinical Surgery, Ukrainian journal)*. 1990; 2: 61–2 (in Russ.).]

Поступила 12.05.2017

Принята к печати 26.05.2017

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФфуЗИОННО-ТЕНЗОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОТВЕТА НА СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЕ РАДИОХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА

А.С. Токарев, к. м. н., врач-нейрохирург, заведующий отделением «Центр радиохирургии»;
В.Н. Степанов, врач-рентгенолог;
В.А. Рак, врач-нейрохирург

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского
Департамента здравоохранения города Москвы»,
Большая Сухаревская пл., 3, Москва, 129010, Российская Федерация

ASSESSMENT OF METASTATIC BRAIN TUMORS RESPONSE TO STEREOTACTIC RADIOSURGERY WITH DIFFUSION TENSOR IMAGING

A.S. Tokarev, MD, PhD, Neurosurgeon, Head of Radiosurgery Department;
V.N. Stepanov, Radiologist;
V.A. Rak, Neurosurgeon

Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Health Department,
Bol'shaya Sukharevskaya ploshchad', 3, Moscow, 129010, Russian Federation

Одним из основных методов лечения множественного метастатического поражения головного мозга является лучевая терапия и такая ее современная разновидность, как стереотаксическое радиохирургическое лечение (СРХ). Применение СРХ у пациентов с метастатическим поражением головного мозга позволяет добиться локального контроля в 73–98% случаев (в зависимости от гистологического строения метастаза). Важнейшей задачей послеоперационного периода является оценка ответа опухоли на проведенное лечение и дифференцирование продолженного роста от лучевого некроза. В статье представлен клинический случай, демонстрирующий первый опыт использования диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии для решения этой задачи.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; диффузионно-тензорные изображения; трактография; диффузия; гамма-нож; стереотаксическое радиохирургическое лечение; метастазы.

Для цитирования: Токарев А.С., Степанов В.Н., Рак В.А. Применение диффузионно-тензорных изображений для оценки ответа на стереотаксическое радиохирургическое лечение метастатического поражения головного мозга. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 197–203. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-197-203

Для корреспонденции: Степанов Валентин Николаевич;
E-mail: mail@rssklif.ru

Введение

Метастатическое поражение головного мозга встречается у 9–17% взрослых пациентов с верифицированными онкологическими заболеваниями и приводит к снижению продолжительности и качества жизни [2].

К методам лечения таких больных относят хирургическое удаление, чаще всего применяемое при солитарных метастазах, и лучевую терапию, являющуюся методом выбора при множественном поражении [3]. Эти методы могут использоваться как

Metastatic brain tumors – one of the most actual problems of neurooncology. Currently, whole brain radiotherapy and stereotactic radiosurgery are the main treatment methods of this pathology. The assessment of tumor's response to irradiation is very important issue in postoperative period. We attempted solve it by using diffusion tensor imaging.

Index terms: magnetic resonance imaging; diffusion tensor imaging; tractography; diffusion; gamma-knife; stereotactic radiosurgery; metastases.

For citation: Tokarev A.S., Stepanov V.N., Rak V.A. Assessment of metastatic brain tumors response to stereotactic radiosurgery with diffusion tensor imaging. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 197–203 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-197-203

For correspondence: Valentin N. Stepanov; E-mail: mail@rssklif.ru

Information about authors:

Tokarev A.S., orcid.org/0000-0002-8196-0518
Stepanov V.N., orcid.org/0000-0003-0007-8054
Rak V.A., orcid.org/0000-0002-4534-8719

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received June 14, 2017
Accepted August 7, 2017

изолированно, так и в комбинации с химиотерапией. Основными видами лучевой терапии, применяемыми для лечения пациентов с множественными метастазами головного мозга, в настоящее время являются: облучение всего головного мозга

(ОВГМ) и стереотаксическое радиохирургическое лечение (СРХ). Первая методика, используемая на протяжении уже нескольких десятилетий, характеризуется большим количеством побочных эффектов, наиболее грозное из которых – выраженное нарушение когнитивных функций в течение 1–6 мес после облучения [4]. Это связано с лучевым повреждением большого объема вещества головного мозга ввиду низкой точности воздействия, что приводит к прогрессирующему нарушению нейрональных связей. В отличие от ОВГМ при СРХ воздействие осуществляется только на патологический очаг, что позволяет существенно снизить количество осложнений [1].

Одна из основных проблем, возникающих после проведения лучевой терапии, – ранняя оценка ответа опухоли и последующий динамический контроль, нацеленный на выявление продолженного роста. Методом выбора этого служит магнитно-резонансная томография (МРТ) с внутривенным контрастным усилением, позволяющая оценить морфологические свойства объемного образования [5]. Однако есть факторы, существенно затрудняющие оценку этих изменений посредством стандартной МРТ, к ним относятся сложная гистологическая организация опухоли, приводящая к гетерогенному ответу на лучевую терапию, а также лучевое повреждение окружающих тканей с нарушением гематоэнцефалического барьера и накоплением в них контрастного препарата, что может ошибочно расцениваться как продолженный рост. В такой ситуации возникает необходимость использования позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), позволяющей определить наличие метаболизма в патологическом образовании. Метод обладает высокой чувствительностью по сравнению со стандартной МРТ, однако не всегда существует возможность его выполнения [6, 7].

Причины этого – высокая стоимость исследования и сравнительно небольшое количество томографов, на которых можно провести исследование со специфическими радиофармпрепаратами, применяемыми в нейрорадиологии (^{11}C -метионин, ^{11}C - и ^{18}F -холин, ^{18}F -тирозин). В таком случае дополнительными источниками информации могут являться функциональные методики МРТ – диффузионно-тензорная МРТ (ДТИ), спектроскопия и т. п. [8–12]. Они сравнительно недороги, не требуют введения экзогенного контрастного препарата, могут быть воспроизведены многократно в течение короткого временного промежутка.

Описание метода

Диффузионно-тензорная МРТ – метод, чувствительный к направленному движению молекул воды, возникающему вследствие диффузии. В веществе головного мозга диффузия носит организованный характер и ориентирована в пространстве в соответствии с ходом волокон белого вещества. При сборе данных происходит многократное последовательное сканирование головного мозга в диффузионном режиме с применением диффузионных градиентов, ориентированных в разных направлениях. В результате получают посрезовые изображения головного мозга, каждый воксель (единица трехмерного изображения) такого среза содержит суммарную информацию о направлении диффузии молекул жидкости и ее амплитуде, называемую диффузионным тензором [13]. Последующий анализ основан на качественной и количественной оценке показателей направленной диффузии. Основными количественными характеристиками диффузии являются: усредненный показатель диффузии (MD – mean diffusion), отражающий амплитуду диффузии, и фракционная (частичная) анизотропия (FA – fractional

anisotropy), которая отражает степень упорядоченности диффузии.

Качественная оценка проводится при анализе цветовых карт, отражающих направление диффузии молекул жидкости, а также при построении трехмерной модели проводящих путей – трактографии. При этом можно определить их взаимоотношение с патологическим образованием: смещение за счет объемного воздействия, вовлечение в зону отека и разрушение. Стоит отметить, что у метода существует ряд ограничений, приводящих к большому количеству ложных результатов, что снижает его достоверность [14–16].

В первую очередь к таким ограничениям относится то, что построенные модели не являются изображением нервных волокон, а только косвенно отражают диффузию, обусловленную фибриллярной структурой белого вещества. Поэтому нарушение целостности проводящих путей по данной 3D-модели не всегда соответствует истинному повреждению нервных волокон.

Другим недостатком является то, что метод операторозависимый, и результаты могут сильно отличаться при выполнении построений разными специалистами. Это обусловлено тем, что построение модели проводящих путей чаще всего осуществляется «вручную», путем установки исследователем точки или области интереса, далее происходит отображение одного или группы трактов, проходящих через эту область. От локализации этой точки будут зависеть длина отображенного тракта и количество волокон в группе трактов, которые могут сильно варьировать при повторных построениях или у разных исследователей. Следует отметить, что не только локализация области интереса влияет на конечный вид модели проводящих путей, но и то, что при этом способе используются такие переменные, как порог частичной анизотропии, величина угла

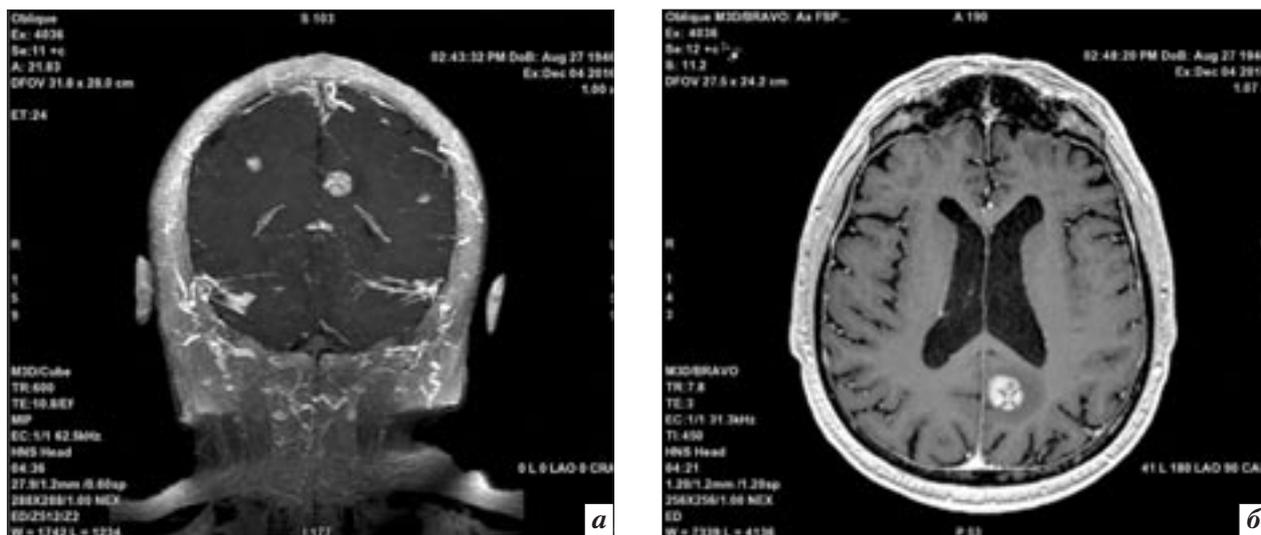


Рис. 1. T1-взвешенные МР-томограммы головного мозга с внутривенным контрастным усилением (гадобутрол 7,5 мл), полученные до проведения СРХ: *а* – проекция максимальной интенсивности в корональной плоскости; *б* – T1 FSPGR (Fast Spoiled Gradient Echo) в аксиальной плоскости. На изображениях определяются очаги патологического повышения МР-сигнала округлой формы, соответствующие метастазам. По периферии очагов расположена зона сниженного МР-сигнала, не имеющая четких границ, соответствующая отеку

между векторами диффузии в соседних вокселях, а также пороги длины волокон. Количественные значения всех этих переменных меняются оператором во время моделирования, что приводит к большому различию конечных результатов.

Еще один недостаток – несовершенство применяемых в настоящее время математических алгоритмов моделирования, например большинство из них не способны к выявлению пересекающихся волокон.

В своей работе мы попытались оценить изменение количественных и качественных показателей ДТИ, не прибегая к построению моделей проводящих путей, чтобы минимизировать вклад операторозависимых факторов. Вместо этого были проанализированы показатели ДТИ в каждом вокселе, входящем в зону интереса, у пациентов до проведения СРХ и через 1 мес после нее. Оценка проводилась методом установки областей интереса (ROI-region of interest) с построением графических карт основного собственного вектора диффузии (main Eigen vector). Полученные при этом данные были проанализи-

зированы вместе с анатомическими изображениями МРТ. В результате были выявлены изменения, которые могут отражать регрессирование опухоли, а также использоваться в комплексе с изображениями стандартной постконтрастной МРТ для оценки продолженного роста.

Клиническое наблюдение

Пациент Т., 70 лет. В 2013 г. появились боль в спине. При обследовании выявлена аденокарцинома правого легкого (EGFR, ALK-негативная по данным молекулярно-генетического исследования) с метастазом в V поясничный позвонок. Прошел курс дистанционной лучевой терапии на метастаз в позвоночнике, три курса химиотерапии. В 2017 г. появилась слабость в правой ноге, неврологический статус: сознание ясное. Фотореакции живые, симметричные. Острота зрения снижена. Глазодвигательных нарушений нет. Лицо симметричное. Язык по средней линии. Сухожильные рефлексy S>D. Правосторонний гемипарез до 2–3 баллов в ноге и 4 в руке. Нарушений чувствительности нет. Симптом Бабинского справа.

В позе Ромберга неустойчив. Координаторные пробы (пальцево-суставная, пяточно-коленная) выполняются с миопопаданием. Индекс Карновского 70.

При ПЭТ-КТ всего тела с 18-фтордезоксиглюкозой и при МРТ головного мозга с внутривенным контрастным усилением (гадобутрол) выявлены три метастаза в головной мозг (рис. 1). В связи с множественным характером поражения было принято решение о проведении СРХ.

Стереотаксическое облучение трех метастатических очагов проводили на аппарате Leksell Gamma Knife® Perfexion™ (ELEKTA AB, Stockholm) с актуальной мощностью дозы 3,020 Гр/мин. Для метастазов малого объема (473,2–573,7 мм³) предписанная краевая доза составляла 24 Гр по изодозе 48–50%. Очаг в левой лобной доле большого объема (3,26 см³) облучен с предписанной краевой дозой 21 Гр по изодозе 50%. Для всех очагов обеспечен целевой показатель покрытия (coverage) 99%.

В день лечения (до наложения стереотаксической рамы) выполнена МРТ в режиме ДТИ со следующими параметрами: изображе-

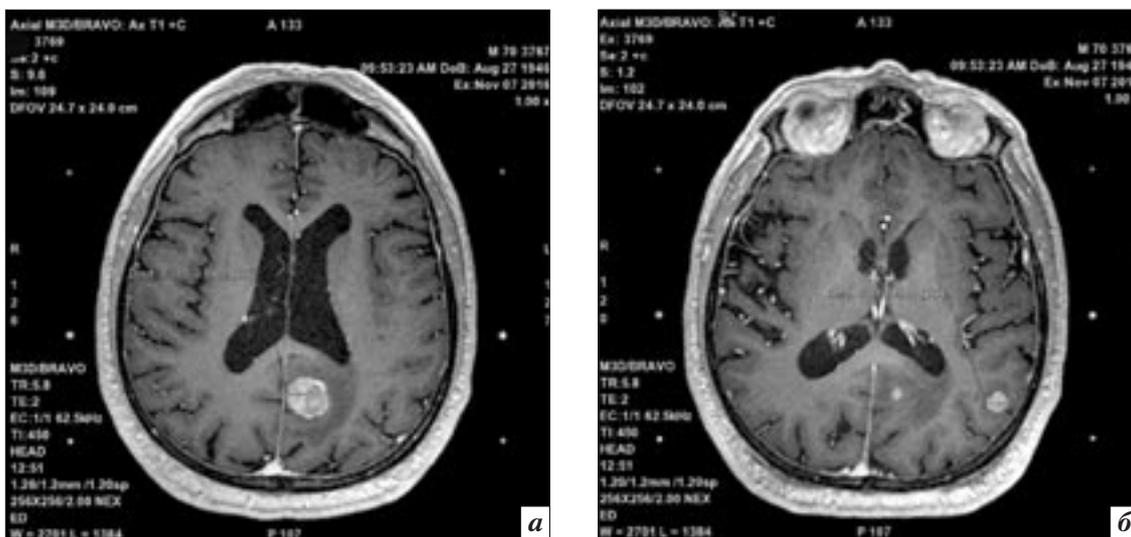


Рис. 2. МР-томограммы головного мозга в аксиальной плоскости (а, б), выполненные в режиме T1 FSPGR с внутривенным контрастным усилением (гадобутрол 7,5 мл), в стереотаксической раме, в день проведения СРХ. На изображениях в головном мозге определяются очаги патологического повышения МР-сигнала округлой формы, соответствующие метастазам. По периферии очагов расположена зона умеренно пониженного МР-сигнала, не имеющая четких границ, соответствующая отеку

ния получены на МР-томографе с величиной индукции магнитного поля 3 Тесла (Signa HDxt 3.0 T; General Electric Healthcare, Milwaukee, USA). Сканирование в режиме ДТИ проводилось в строго аксиальной плоскости с использованием градиентной эхопланарной импульсной последовательности со следующими параметрами: TR 8000 мс, TE 88,4 мс, b-фактор 1000 с/мм², поле обзора (FOV – Field Of View) 260×260 мм, матрица 128×128 точек, толщина среза 3,5 мм, рас-

стояние между срезами 1,75 мм, количество повторов сбора данных 1 (NEX – Number of excitations), время сканирования 4 мин 56 с, количество направлений диффузионного градиента 35.

Для построения карт основного собственного вектора диффузии использовалось программное обеспечение Ready View (General Electric Healthcare Milwaukee, USA). Измерения проводились посредством установки области интереса в проекции метастазов, с захватом перифокального отека.

Контрольная МР-томография головного мозга была выполнена через 1 мес. Протокол сканирования наряду со стандартными анатомическими импульсными последовательностями включал режим ДТИ с теми же параметрами, что были описаны выше.

В день проведения СРХ, после наложения стереотаксической рамы, выполнена МРТ для последующей регистрации пациента в пространственной системе координат аппарата СРХ. На полученных при этом анатомических T1-взвешенных МР-изображениях после внутривенного введения контрастного препарата (гадобутрол) в обоих полушариях определяются патологические гиперинтенсивные очаги округлой формы, окруженные перифокальным отеком (рис. 2, 3). Во избежание артефактов от металла до фиксации рамы на голове пациента выполнена МРТ в режиме ДТИ. Полученные при этом изображения были автоматически корегистрованы (совмещены в пространстве) с анатомическими изображениями и обработаны описанным выше способом. В зону интереса вошли метастазы и перифокальный отек в ра-

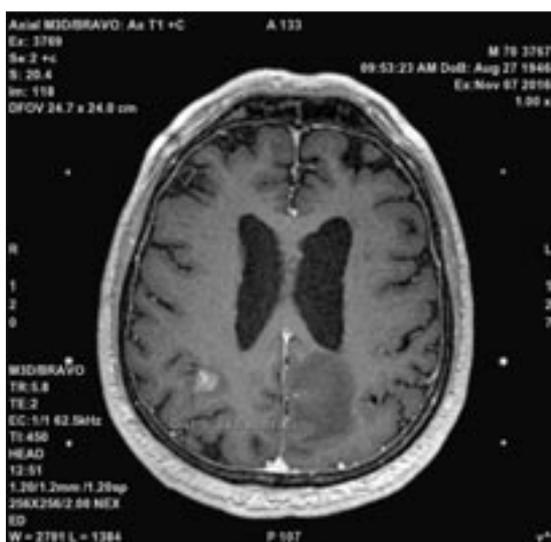


Рис. 3. МР-томограмма головного мозга в аксиальной плоскости, выполненная в режиме T1 FSPGR с внутривенным контрастным усилением (гадобутрол 7,5 мл), в стереотаксической раме, перед проведением СРХ. Визуализируется очаг патологического повышения МР-сигнала округлой формы, соответствующий метастазу. По периферии расположена зона умеренно пониженного МР-сигнала, не имеющая четких границ, соответствующая отеку

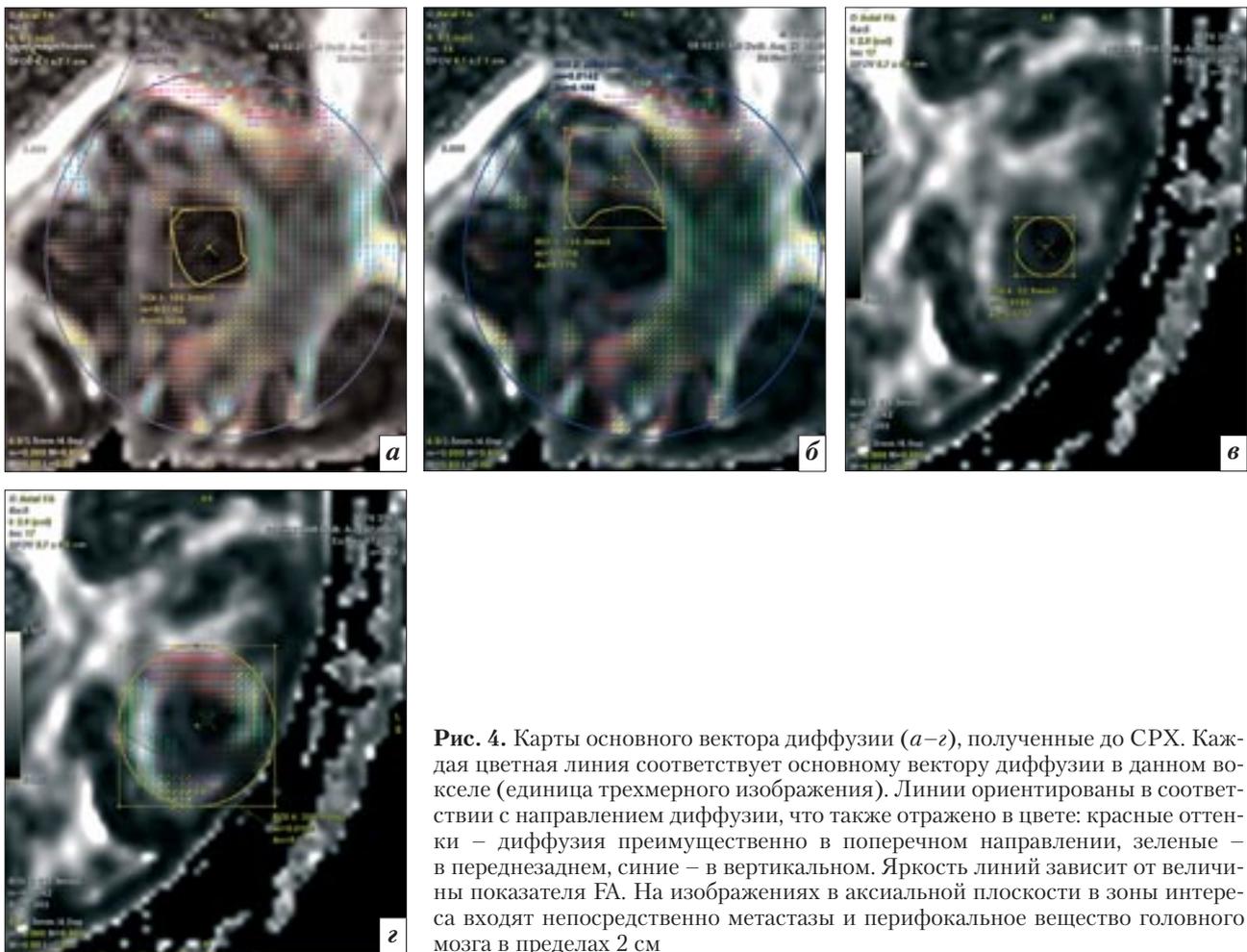


Рис. 4. Карты основного вектора диффузии (*a–г*), полученные до СРХ. Каждая цветная линия соответствует основному вектору диффузии в данном вокселе (единица трехмерного изображения). Линии ориентированы в соответствии с направлением диффузии, что также отражено в цвете: красные оттенки – диффузия преимущественно в поперечном направлении, зеленые – в переднезаднем, синие – в вертикальном. Яркость линий зависит от величины показателя FA. На изображениях в аксиальной плоскости в зоны интереса входят непосредственно метастазы и перифокальное вещество головного мозга в пределах 2 см



Рис. 5. МР-томограммы головного мозга в аксиальной плоскости (*a–в*), выполненные в режиме T1 FSPGR с внутривенным контрастным усилением (гадобутол 7,5 мл), полученные при контрольном исследовании через 1 мес после СРХ. В головном мозге сохраняются очаги патологического повышения МР-сигнала округлой формы, соответствующие метастазам. Однако по сравнению с дооперационным исследованием определяется уменьшение их линейных размеров и визуальное уменьшение зоны отека

диусе 2 см (рис. 4). На диффузионно-тензорных изображениях (в качестве «рабочих» карт были использованы карты FA – fractional anisotropy) видно, что в каждом вокселе автоматически

определен суммарный вектор диффузии, изображенный в виде линии, обладающей такими показателями, как направление, цвет и насыщенность цвета. Линии ориентированы в соответствии

с направлением диффузии молекул жидкости через этот воксель. Цвет также отражает направление диффузии: красные оттенки характеризуют диффузию, ориентированную преимущественно

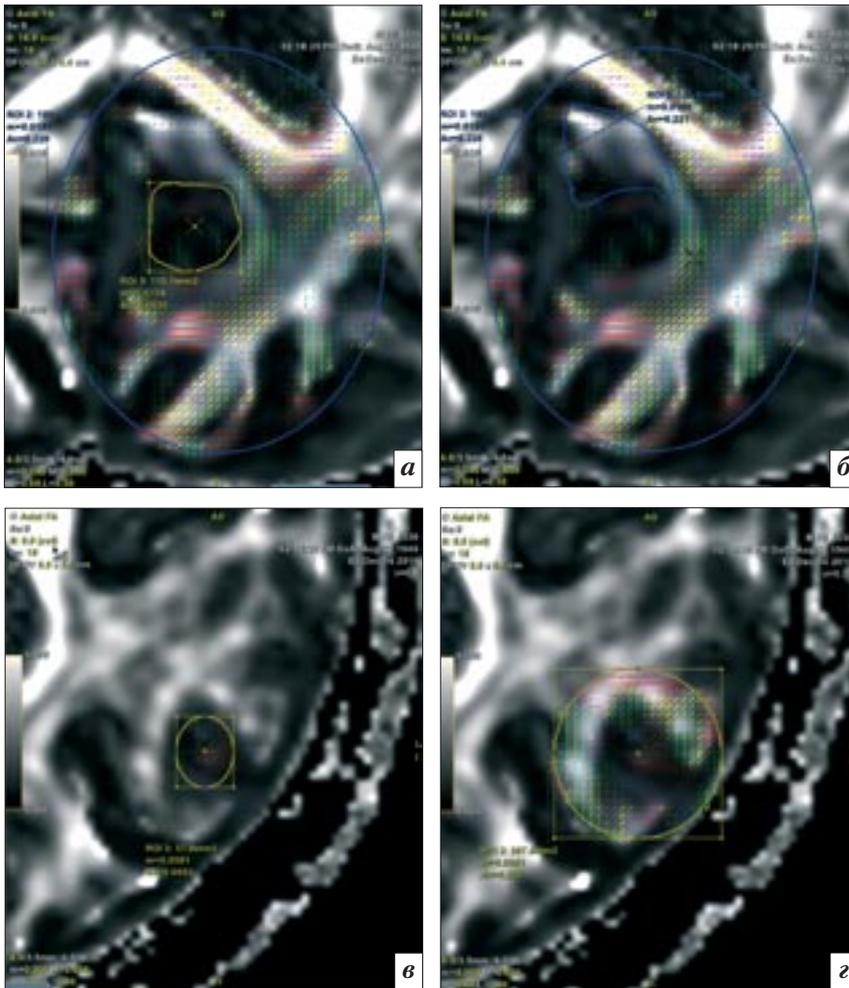


Рис. 6. Карты основного вектора диффузии, полученные после СРХ (а–г). При сравнении изображений до и после лечения видно, что происходит изменение направления диффузии и увеличение показателя FA (повышение яркости линий)

в поперечном направлении, зеленые – в переднезаднем, синие – в вертикальном. Яркость линий зависит от величины показателя FA, который является расчетным и отражает степень направленности диффузии. Помимо описанных выше качественных показателей оценивалось количественное значение FA, которое составило 0,0496 и 0,179 для метастаза в глубоких

отделах левой теменной доли и перифокального отека соответственно, а также 0,0753 и 0,211 для метастаза в субкортикальных отделах левой теменной доли и перифокального отека соответственно.

Контрольное исследование было выполнено через 1 мес, полученные при этом анатомические изображения и изображения в режиме ДТИ были выполнены

с теми же техническими параметрами, что и до облучения.

На анатомических изображениях в головном мозге сохраняются очаги патологического повышения МР-сигнала округлой формы, соответствующие метастазам. Однако по сравнению с дооперационным исследованием определяется уменьшение их линейных размеров и визуальное уменьшение зоны отека (рис. 5). При сравнении изображений до и после лечения видно, что происходит изменение направления диффузии и увеличение показателя FA (повышение яркости линий) в зоне отека и в центральных отделах метастаза (рис. 6). Количественное значение FA составило 0,0625 и 0,221 для метастаза в глубоких отделах левой теменной доли и перифокального отека соответственно, а также 0,0953 и 0,222 для метастаза в субкортикальных отделах левой теменной доли и перифокального отека соответственно.

Обсуждение

После проведения СРХ у пациента отмечено значительное уменьшение размеров метастазов. Это подтверждено при измерении линейных размеров на рабочей станции МРТ и при проведении автоматической волюметрии на станции планирования аппарата СРХ (см. таблицу).

При анализе качественных и количественных показателей ДТИ выявлено, что после СРХ диффузия становится более упорядоченной (анизотропной). Это проявляется в следующем:

- увеличение количественного показателя FA в центральных отделах образования;

Сравнение размеров и объема очагов метастатического поражения головного мозга до и через 1 мес после СРХ

Наименование очага	Линейные размеры очага до облучения (оси X, Y, Z), мм	Линейные размеры очага через 1 мес после облучения (оси X, Y, Z), мм	Объем очага до операции, см ³	Объем очага через 1 мес после операции, см ³
LPD	12,5 × 19 × 20	10 × 12,5 × 11,5	3,26	1,98
LPS	11 × 12 × 10	9 × 7,7 × 5	0,57	0,36
LPS	9,5 × 16 × 11	7,5 × 14 × 7,3	0,47	0,15

Примечание. LPD – очаг в правой теменной доле, LPS – очаги в левой теменной доле.

– появление на цветовых картах группы вокселей, диффузия в которых имеет одинаковое направление;

– в периферических отделах (в зоне отека) меняется направление диффузии с преобладанием вертикального (синие оттенки на картах основного вектора).

Таким образом, в ходе клинического наблюдения отмечалось уменьшение объема метастазов после проведения лучевой терапии. Сопровождавшие его изменения диффузионно-тензорных изображений заключались главным образом в повышении анизотропии диффузии в структуре метастаза и в зоне перифокального отека.

Полученные данные позволяют нам предположить, что при уменьшении объема метастаза в ответ на лучевую терапию происходит изменение его структуры, приводящее к повышению направленности диффузии в нем. Аналогичные изменения в зоне перифокального отека могут быть вызваны уменьшением его выраженности.

Заключение

Оценка количественных и качественных показателей диффузионно-тензорных изображений до и после стереотаксического радиохирургического лечения метастазов головного мозга позволяет получить информацию об изменении процессов диффузии в патологическом очаге и в окружающих тканях. Метод имеет ряд преимуществ, среди которых:

- неинвазивность;
- отсутствие лучевой нагрузки;
- возможность многократного повторения;
- отсутствие необходимости введения экзогенных препаратов;
- невысокая цена исследования по сравнению с ПЭТ КТ [7];
- короткое время выполнения, что позволяет внедрить его в стандартный протокол обследования;

– снижение операторозависимых факторов при интерпретации результатов.

Более подробное изучение изменений в перспективе может позволить использовать метод для оценки эффективности лучевой терапии и при дифференциальной диагностике продолженного роста и лучевого некроза.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература / References

1. Lippitz B., Lindquist C., Paddick I., Peterson D., O'Neill K., Beaney R. Stereotactic radiosurgery in the treatment of brain metastases: the current evidence. *Cancer Treat. Rev.* [Internet]. 2014; 40 (1): 48–59.
2. Nayak L., Lee E.Q., Wen P.Y. Epidemiology of brain metastases. *Curr. Oncol. Rep.* 2012; 14 (1): 48–54.
3. Andrews D.W., Scott C.B., Sperduto P.W., Flanders A.E., Gaspar L.E., Schell M.C. et al. Whole brain radiation therapy with or without stereotactic radiosurgery boost for patients with one to three brain metastases: Phase III results of the RTOG 9508 randomised trial. *Lancet.* 2004; 363 (9422): 1665–72.
4. McTyre E., Scott J., Chinnaiyan P. Whole brain radiotherapy for brain metastasis. *Surg. Neurol. Int.* 2013; 4 (Suppl. 4): S236–44.
5. Fink K.R., Fink J.R. Imaging of brain metastases. *Surg. Neurol.* 2013; 4 (Suppl. 4): S209–19.
6. Juhász C., Dwivedi S., Kamson D.O., Michelhaugh S.K., Mittal S. Comparison of amino acid positron emission tomographic radiotracers for molecular imaging of primary and metastatic brain tumors. *Mol. Imaging.* 2014; 13 (6).
7. Buck A.K., Herrmann K., Stargardt T., Dechow T., Krause B.J., Schreyögg J. Economic evaluation of PET and PET/CT in oncology: evidence and methodologic appro-

aches. *J. Nucl. Med. Technol.* 2010; 38 (1): 6–17.

8. Jennings D., Hatton B.N., Guo J., Galons J.-P., Trouard T.P., Raghunand N. et al. Early response of prostate carcinoma xenografts to docetaxel chemotherapy monitored with diffusion MRI. *Neoplasia.* 2002; 4 (3): 255–62.
9. Chenevert T.L., Meyer C.R., Moffat B., Rehemtulla A., Mukherji S.K., Gebarski S.S. et al. Diffusion MRI: a new strategy for assessment of cancer therapeutic efficacy. *Mol. Imaging.* 2002; 1 (4): 336–43.
10. Chenevert T.L., Stegman L.D., Taylor J.M., Robertson P.L., Greenberg H.S., Rehemtulla A. et al. Diffusion magnetic resonance imaging: an early surrogate marker of therapeutic efficacy in brain tumors. *J. Natl. Cancer. Inst.* 2000; 92 (24): 2029–36.
11. Hall D.E., Moffat B.A., Stojanovska J., Johnson T.D., Li Z., Hamstra D.A. et al. Therapeutic efficacy of DTI-015 using diffusion magnetic resonance imaging as an early surrogate marker. *Clin. Cancer Res.* 2004; 10 (23): 7852–9.
12. Ross B.D., Moffat B., Lawrence T.S., Mukherji S.K., Gebarski S.S., Quint D.J. et al. Evaluation of cancer therapy using diffusion magnetic resonance imaging. *Mol. Cancer. Ther.* 2003; 2: 581–7.
13. Basser P.J., Mattiello J., Leblhan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *J. Magn. Reson. Series B.* 1994; 103: 247–54.
14. Tournier J.D., Calamante F., Gadian D.G., Connelly A. Direct estimation of the fiber orientation density function from diffusion-weighted MRI data using spherical deconvolution. *Neuroimage.* 2004; 23 (3): 1176–85.
15. Perrin M., Poupon C., Cointepas Y., Rieul B., Golestani N., Pallier C. et al. Fiber tracking in q-ball fields using regularized particle trajectories. *Inf. Process. Med. Imaging.* 2005; 3565: 52–63.
16. Parker G.J.M., Alexander D.C. Probabilistic anatomical connectivity derived from the microscopic persistent angular structure of cerebral tissue. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2005; 360 (1457): 893–902.

Поступила 14.06.2017

Принята к печати 07.08.2017

НОВЫЙ ПОДХОД К НЕПРЕРЫВНОМУ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

И.Е. Тюрин¹, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии;

С.А. Рыжкин², к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики, начальник Управления дополнительного профессионального образования;

Л.А. Низовцова^{1, 3}, д. м. н., профессор кафедры рентгенологии и радиологии, заместитель руководителя отдела развития непрерывного профессионального образования;

М.К. Михайлов², д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики

¹ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,

ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 125993, Российская Федерация;

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России, ул. Муштари, 11, Казань, 420012, Российская Федерация;

³ ГБУЗ «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы»,

ул. Средняя Калитниковская, 28, стр. 1, Москва, 109029, Российская Федерация

A NEW APPROACH TO CONTINUING PROFESSIONAL EDUCATION

I.E. Tyurin¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Chair of Radiology;

S.A. Ryzhkin², MD, PhD, Associate Professor of Chair of X-ray Diagnostics, Head of Department of Additional Professional Education;

L.A. Nizovtsova^{1, 3}, MD, PhD, DSc, Professor of Chair of Radiology, Deputy Head of Department of Continuous Vocational Education;

M.K. Mikhaylov², MD, PhD, DSc, Professor, Head of Chair of X-ray Diagnostics

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia, ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation;

² Kazan State Medical Academy, Branch of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia, ul. Mushtari, 11, Kazan, 420012, Russian Federation;

³ Research and Practical Center of Medical Radiology, Moscow Health Department, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, 28, stroenie 1, Moscow, 109029, Russian Federation

Рассмотрены организационные вопросы непрерывного профессионального образования и накопительной системы образовательных зачетных единиц как необходимой составляющей индивидуального пятилетнего плана повышения квалификации врачей-специалистов, работающих в области рентгенологии, радиологии, ультразвуковой диагностики, рентгенэндоваскулярных диагностики и лечения.

Ключевые слова: непрерывное медицинское образование; образовательные программы; образовательные мероприятия; система зачетных единиц; портфолио врача-специалиста.

Для цитирования: Тюрин И.Е., Рыжкин С.А., Низовцова Л.А., Михайлов М.К. Новый подход к непрерывному профессиональному образованию. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 204–6. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-204-206

Для корреспонденции: Рыжкин Сергей Александрович; E-mail: rsa777@inbox.ru

The organizational issues of continuing professional education and the accumulative system of educational credit units as a necessary component of an individual five-year plan for the professional development of medical specialists working in the field of radiology, ultrasound diagnostics, and X-ray endovascular diagnostics and treatment are considered.

Index terms: continuous medical education; educational programs; educational activities; system of credit units; educational portfolio of a physician.

For citation: Tyurin I.E., Ryzhkin S.A., Nizovtsova L.A., Mikhaylov M.K. A new approach to continuing professional education. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 204–6 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-204-206

For correspondence: Sergey A. Ryzhkin; E-mail: rsa777@inbox.ru

Information about authors:

Tyurin I.E., orcid.org/0000-0003-3931-1431

Ryzhkin S.A., orcid.org/0000-0003-2595-353X

Nizovtsova L.A., orcid.org/0000-0002-9614-4505

Mikhaylov M.K., orcid.org/0000-0002-8431-7296

Acknowledgements. The study was supported by Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Republic of Tatarstan (grant 16-16-16018).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received June 1, 2017

Accepted July 25, 2017

В соответствии со статьей 82 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», реализация профессиональных образовательных программ медицинского и фармацевтического образования обеспечивает непрерывное совершенствование профессиональных знаний и навыков, а также постоянное повышение профессионального уровня и расширение квалификации в течение всей трудовой деятельности.

В целях реализации данной нормы закона Минздравом России подготовлен проект приказа «Об утверждении порядка и сроков совершенствования медицинскими работниками и фармацевтическими работниками профессиональных знаний и навыков путем обучения по дополнительным профессиональным программам в образовательных и научных организациях» (<http://www.rosminzdrav.ru/normativnopravovaja-baza/drugie-dokumenty/>).

Согласно данному документу, обучение в рамках системы непрерывного образования представляет собой самостоятельное формирование работником комплекса образовательных программ повышения квалификации, подготовленных образовательными организациями, образовательных мероприятий, реализуемых общественными профессиональными некоммерческими организациями, а также интерактивных образовательных модулей по соответствующей специальности (далее – индивидуальный план, компонент индивидуального плана) с использованием Интернет-портала непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения Российской Федерации www.edu.rosminzdrav.ru (далее – Интернет-портал) и последующее дискретное освоение данного комплекса, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в течение 5 лет,

завершающееся прохождением процедуры аккредитации.

Согласно Положению об аккредитации*, аккредитация с периодичностью не реже 1 раза в 5 лет, начинающаяся с 1 января 2021 г., предусмотрена как раз для лиц, завершивших такой пятилетний цикл освоения профессиональных образовательных программ медицинского и фармацевтического образования, обеспечивающих непрерывное и постоянное повышение профессионального уровня.

Сведения об освоении программ повышения квалификации представляются в виде данных о выполнении индивидуального плана в системе непрерывного образования. Для определения трудоемкости освоения программ (мероприятий) индивидуального плана применяется накопительная система зачетных единиц (1 зачетная единица равна 1 академическому часу). Общая трудоемкость разделов индивидуального плана за 5 лет должна составить 250 зачетных единиц, с ежегодным распределением объема освоения не менее 50 зачетных единиц.

В качестве компонентов индивидуального плана реализуются образовательные программы повышения квалификации, направленные на совершенствование имеющихся или освоение новых умений и навыков в рамках имеющейся у работника квалификации. К программам повышения квалификации относятся также образовательные программы по наиболее актуальным

вопросам специальности, разрабатываемые образовательными организациями и реализуемые в дистанционной форме обучения. Данные программы включаются врачами-специалистами в индивидуальные листы образовательной активности, размещенные на Интернет-портале непрерывного медицинского образования Министерства здравоохранения Российской Федерации www.edu.rosminzdrav.ru.

Ежегодный объем освоения образовательных программ врачом-специалистом составляет не менее 36 зачетных единиц, это может быть одна программа такой продолжительности или две образовательных программы по 18 часов.

В качестве компонентов индивидуального плана должны быть предусмотрены также образовательные мероприятия (конференции и семинары, в том числе проводимые с использованием дистанционных технологий, дистанционные образовательные модули), реализуемые общественными профессиональными некоммерческими организациями (РОПР, РАСУДМ и др.), включенные врачом-специалистом в лист образовательной активности, а также интерактивные образовательные модули, размещенные на Интернет-портале www.sovetnmo.ru. Общий ежегодный объем освоения образовательных мероприятий и интерактивных модулей составляет не более 14 зачетных единиц.

Решение о возможности включения образовательных программ повышения квалификации и образовательных мероприятий в листы образовательной активности принимается Экспертной комиссией по непрерывному медицинскому образованию, созданной Министерством здравоохранения Российской Федерации, с участием главных внештатных специалистов-экспертов Минздрава России по медицинским и фармацевтическим специальностям, представителей Федерального фонда

* Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 2 июня 2016 г. № 334н «Об утверждении Положения об аккредитации специалистов».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 декабря 2016 г. № 974н «О внесении изменений в Положение об аккредитации специалистов, утвержденное приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 2 июня 2016 г. № 334н».

обязательного медицинского страхования, Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения, медицинских профессиональных некоммерческих организаций, образовательных и медицинских организаций, Учебно-методического объединения по медицинским и фармацевтическим специальностям.

В случае принятия положительного решения о включении образовательной программы повышения квалификации или образовательного мероприятия в лист образовательной активности паспорт данной программы (мероприятия) размещается, соответственно, на Интернет-порталах www.edu.rosminzdrav.ru и www.sovetnmo.ru.

Для выбора данных образовательных программ (мероприятий) и формирования плана индивидуального 5-летнего цикла повышения квалификации врач-специалисты должны зарегистрироваться на указанных Интернет-порталах и получить доступ к листу образовательной активности – инструменту, обеспечивающему формирование индивидуального плана и возможность создания предварительной заявки для зачисления на обучение по выбранной образовательной программе повышения квалификации (или для участия в выбранном образовательном мероприятии). Учет освоения врачом-специалистом компонентов индивидуального плана регистрируется также на указанных Интернет-порталах.

Освоение компонентов индивидуального плана подтверждается соответствующими докумен-

тами (удостоверениями о повышении квалификации, выдаваемыми образовательными организациями по завершении освоения образовательных программ, или сертификатами участника образовательных мероприятий). Освоение дистанционных образовательных модулей и интерактивных модулей подтверждается с использованием технических возможностей Интернет-порталов.

Успешное выполнение пятилетнего образовательного индивидуального плана начиная с 1 января 2021 г. будет завершаться прохождением процедуры периодической аккредитации, которую первыми пройдут врачи, получившие сертификат специалиста в 2016 г.

В завершение пятилетнего курса повышения квалификации составляется портфолио, представляющее собой отчет о профессиональной деятельности специалиста, включающий сведения об индивидуальных профессиональных достижениях, освоении образовательных программ повышения квалификации и участии в образовательных мероприятиях, что в целом характеризует непрерывное совершенствование профессиональных знаний и расширение профессиональных компетенций.

С учетом вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В целях обеспечения потребности врачей-специалистов практического здравоохранения, прошедших последнюю по времени сертификацию после 1 января 2016 г., в ежегодном освое-

нии образовательных программ дополнительного профессионального образования – повышении квалификации, продолжительностью 36 (18) академических часов (зачетных единиц), и прохождении образовательных мероприятий (модулей), трудоемкостью 14 академических часов (зачетных единиц), профильным кафедрам образовательных (научных) организаций необходимо активизировать работу по подготовке данных программ (мероприятий) и направлению их на экспертизу в установленном порядке в Экспертные комиссии по непрерывному медицинскому образованию Минздрава России.

2. Заведующим профильными кафедрами совместно с Методическим центром аккредитации необходимо включиться в работу по созданию, экспертизе и рецензированию достаточного количества фондов оценочных средств для программ дистанционного обучения.

3. По мере разработки оценочных средств образовательным и научным организациям необходимо скорректировать перечень материально-технического оснащения для проверки знаний (умений) в симулированных условиях по различным областям лучевой диагностики.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан, проект № 16-16-16018.

Поступила 01.06.2017

Принята к печати 25.07.2017

МЕТОДИКА ГЛУБОКОГО ПРОВЕДЕНИЯ КОРОНАРНОГО ПРОВОДНИКА ПРИ СЛОЖНОЙ АНАТОМИИ КОРОНАРНОГО РУСЛА

В.М. Миронов, к. м. н., врач-кардиолог;

Д.В. Огнерубов, ординатор;

Е.В. Меркулов, д. м. н., профессор, заведующий первым отделением рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения;

А.Н. Самко, д. м. н., профессор, руководитель первого отделения рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России,
ул. 3-я Черепковская, 15а, Москва, 121552, Российская Федерация

DEEP GUIDE WIRE PENETRATION TECHNIQUE IN COMPLEX CORONARY ANATOMY

V.M. Mironov, MD, PhD, Cardiologist;

D.V. Ognerubov, Resident Physician;

E.V. Merkulov, MD, PhD, DSc, Professor, Chief of the First Department of X-ray and Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment;

A.N. Samko, MD, PhD, DSc, Professor, Head of the First Department of X-ray and Endovascular Methods of Diagnosis and Treatment

National Medical Research Center for Cardiology, Ministry of Health of Russia,
ul. Tret'ya Cherepkovskaya, 15a, Moscow, 121552, Russian Federation

Представлен анализ литературы, посвященной анатомии микроциркуляторного русла сердца, поиску возможных путей выполнения методики глубокого проведения коронарного проводника. Описаны новые данные научных исследований, позволяющие судить о возможности осуществления данной методики и ее безопасности.

Ключевые слова: чрескожное коронарное вмешательство; интервенционная кардиология; хроническая тотальная окклюзия; сложная анатомия коронарных артерий; методика глубокого проведения коронарного проводника; обзор.

Для цитирования: Миронов В.М., Огнерубов Д.В., Меркулов Е.В., Самко А.Н. Методика глубокого проведения коронарного проводника при сложной анатомии коронарного русла. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 207–13. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-207-213

Для корреспонденции: Огнерубов Дмитрий Викторович; E-mail: ferux_2008@mail.ru

The presented literature analysis is focused on the heart microvasculature and finding new ways to perform the method of deep coronary penetration technique. Also, new data reflecting the technique's efficacy and safety are published on regular basis.

Index terms: percutaneous coronary intervention; interventional cardiology; chronic total occlusion; complex anatomy of coronary artery; deep guide wire penetration technique; review.

For citation: Mironov V.M., Ognerubov D.V., Merkulov E.V., Samko A.N. Deep guide wire penetration technique in complex coronary anatomy. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 207–13 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-207-213

For correspondence: Dmitriy V. Ognerubov; E-mail: ferux_2008@mail.ru

Information about authors:

Mironov V.M., orcid.org/0000-0002-2323-4059

Ognerubov D.V., orcid.org/0000-0002-4781-2773

Merkulov E.V., orcid.org/0000-0001-9875-2590

Samko A.N. orcid.org/0000-0003-1808-3484

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received May 15, 2017

Accepted June 14, 2017

Введение

В течение последних лет показание к чрескожным коронарным вмешательствам (ЧКВ), согласно рекомендациям Европей-

ского общества кардиологов (ESC) и Европейской ассоциации кардиоторакальных хирургов (EACTS), расширяются и дополняются [1]. Все большему числу

пациентов высокого риска проводятся эндоваскулярные вмешательства, при сохраняющейся потребности в операции коронарного шунтирования (КШ). Про-

Рекомендации по типу реваскуляризации (КШ или ЧКВ) у пациентов со стабильной ишемической болезнью и низкой прогнозируемой хирургической летальностью [1]

Выраженность поражения	Класс рекомендаций и уровень доказательности	
	КШ	ЧКВ
Одно- или двухсосудистое поражение без проксимального стеноза ПНА	IIb C	I C
Однососудистое поражение с проксимальным стенозом ПНА	I A	I A
Двухсосудистое поражение с проксимальным стенозом ПНА	I B	I C
Поражение ствола при SYNTAX Score ≤ 22 баллам	I B	I B
Поражение ствола при SYNTAX Score 23–32 балла	I B	IIa B
Поражение ствола при SYNTAX Score > 32 баллов	I B	III B
Трехсосудистое поражение при SYNTAX Score ≤ 22 баллам	I A	I B
Трехсосудистое поражение при SYNTAX Score 23–32 балла	I A	III B
Трехсосудистое поражение при SYNTAX Score > 32 баллов	I A	III B

изошли изменения в выборе тактики у стабильных пациентов с поражением коронарных сосудов, которым можно выполнить оба вмешательства (табл. 1).

В соответствии с новыми рекомендациями при однососудистом поражении с проксимальным стенозом в передней нисходящей артерии (ПНА) для обоих вмешательств установлен I класс рекомендаций с уровнем доказательности A, при двухсосудистом поражении с проксимальным стенозом в ПНА для АКШ – I B, а для ЧКВ – I C. При трехсосудистом поражении, с оценкой риска по SYNTAX Score¹ ≤ 22 баллам класс рекомендаций для выполнения ЧКВ повышен до I B. При поражениях коронарных артерий с вовлечением ствола ЛКА, с оценкой по SYNTAX Score ≤ 22 баллам класс рекомен-

даций также повышен до I B, а при SYNTAX Score < 32 баллов – до IIa B.

В Российской Федерации продолжает расширяться сеть сосудистых центров, увеличивается число специалистов по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, повышается их опыт и квалификация, и все это приводит не только к росту количества ЧКВ, но и возрастанию сложности выполняемых вмешательств². В ряде случаев при многососудистых, устьевых, бифуркационных, кальцинированных поражениях и при хронических окклюзиях коронарных артерий ЧКВ сопряжено со значительными техническими сложностями. Такие поражения подразделяют на четыре типа в зависимости от ожидаемого успеха ЧКВ и риска периоперационных осложнений (табл. 2) [2, 3].

Методики последних лет, используемые у пациентов со сложной коронарной анатомией

При любом коронарном вмешательстве, независимо от его сложности, возможно развитие ряда осложнений, таких как острая окклюзия, перфорация и синдром slow/no-reflow, а также осложнения, связанные с отрывом или дислокацией частей инструментов [4]. По данным T.N. Nguyen et al., частота таких осложнений невысока и в основном зависит от опыта оператора [5]. Для увеличения успеха процедуры и снижения частоты перипроцедуральных осложнений постоянно предлагаются новые вспомогательные методики при коронарных вмешательствах у пациентов с раз-

¹ SYNTAX Score – система балльной оценки риска открытых хирургических и чрескожных коронарных вмешательств. Шкала построена на основе обширного исследования SYNTAX, посвященного сравнению эффективности и безопасности коронарного шунтирования и чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики у пациентов с трехсосудистыми поражениями или поражениями ствола левой коронарной артерии.

² *Классы рекомендаций.* Класс I: данные и/или всеобщее согласие, что конкретный метод лечения или вмешательство полезны, эффективны, имеют преимущества. Рекомендуется/показан. Класс II: противоречивые данные и/или расхождение мнений о пользе/эффективности конкретного метода лечения или процедуры. Класс IIa: большинство данных/мнений свидетельствует о пользе/эффективности. Целесообразно применять. Класс IIb: данные/мнения не столь убедительны в отношении пользы/эффективности. Можно применять. Класс III: данные и/или всеобщее согласие, что конкретный метод лечения или вмешательство не является полезным или эффективным, а в некоторых случаях может приносить вред. Не рекомендуется.

Уровни доказательности. Уровень доказательности A: данные многочисленных рандомизированных клинических исследований или метаанализов. Уровень доказательности B: данные одного рандомизированного клинического исследования или крупных нерандомизированных исследований. Уровень доказательности C: согласованное мнение экспертов и/или данные небольших исследований, ретроспективных исследований, регистров.

**Классификация поражений коронарных артерий по SCAI
(соотношение успеха и рисков эндоваскулярного лечения) [2, 3]**

Тип	Ожидаемый успех	Риск периоперационных осложнений	Характеристика
I	Высокий	Низкий	Не имеет признаков поражения высокого риска (типа С). Отсутствие окклюзий
II	Высокий	Средний	Имеет один из признаков поражения типа С. Диффузное поражение (длина более 2 см). Выраженная извитость проксимального сегмента сосуда. Чрезмерно изогнутый пораженный сегмент, изгиб более 90°. Невозможность защиты крупной боковой ветви. Дегенеративные изменения в венозных шунтах. Отсутствие окклюзий
III	Средний	Средний	Окклюзированный сосуд без признаков поражения типа С
IV	Низкий	Высокий	Окклюзированный сосуд с признаками поражения типа С

личными коронарными поражениями. В ряде случаев при сложной анатомии коронарного русла из-за невозможности подвести инструменты (баллонные катетеры и стенты) к месту поражения возникают ситуации, когда как прекращение, так и продолжение вмешательства связано с высоким риском осложнений. В таблице 3 приводятся варианты решения проблемы проведения инструментов при сложной анатомии коронарного русла [5].

Таблица 3

Вспомогательные методики по улучшению поддержки для проведения интервенционных инструментов [5]

Методика	Плюсы	Минусы
Глубокая интубация устья коронарной артерии катетером и оптимизация коаксиального положения его кончика	Создание активной поддержки катетером	Для выполнения подходят не все катетеры. Существует риск диссекции артерии
Проведение инструментов на высоте глубокого вдоха	Уменьшение трения shaft стента в просвете катетера. Уменьшение извитости артерий за счет увеличения длинной оси сердца	У пациентов пожилого возраста артерии теряют свою эластичность, и движения диафрагмы недостаточно для увеличения длинной оси сердца и выпрямления сосудов
Замена стандартного направляющего катетера (типа Judkins) на катетер с другой кривизной и усиленной контралатеральной поддержкой; для увеличения жесткости направляющего катетера возможно использование длинного интродьюсера (70 см)	Создание пассивной поддержки катетером	Риск субинтимального прохождения при повторном проведении коронарного проводника после смены катетера. Удорожание процедуры
Смена интракоронарного проводника с усиленной поддержкой (extrasupport)	Создание дополнительной поддержки проводником	Риск субинтимального прохождения при повторном проведении коронарного проводника. Удорожание процедуры
Параллельное проведение дополнительного проводника (методика Buddy-wire)	Увеличение поддержки	Дополнительное препятствие для продвижения баллона/стента. Удорожание процедуры
Использование телескопических устройств: Guidezilla (Boston Scientific, Natick, MA), Guideliner "Child" catheter (Vascular Solution Inc.), Dio (GOODMAN Co.)	Создание хорошей поддержки за счет прохождения катетером к месту либо за место целевого поражения	Риск диссекции артерии на протяжении. Деформация стента. Удорожание процедуры
Модификация атеросклеротической бляшки (ротационная атерэктомия, лазерная атерэктомия)	Удаление компонентов бляшки. Выпрямление хода для проведения интервенционного устройства	Риски, ассоциированные с данной процедурой. Удорожание процедуры

Также в книге T.N. Nguyen et al. представлено несколько возможных решений проблем, связанных с проведением стента в коронарный сосуд (с недоказанной эффективностью) [5]:

1) частичное раздувание баллона в стенке, чтобы отклонить устройство от препятствующей бляшки;

2) легкое раздувание кончика баллона (дутый стент);

3) замена стента более коротким;

4) выбор стента другого типа, с повышенной гибкостью и проходимостью;

5) сгибание стента соответственно кривизне артерии;

6) техника «Buddy-balloon» или «якорная техника» (проведение второго баллона за область имплантации стента, раздувание баллона для фиксации первого проводника, одновременное подтягивание первого проводника для создания натяжения и последующего проведения стента по натянутому проводнику – чаще всего требует использования на-

правляющего катетера большого диаметра, от 7 Fr).

Методика глубокого проведения коронарного проводника

Профессором А.Г. Осиевым и соавторами был предложен метод глубокого проведения коронарного проводника [6]. При этом за основу была взята ретроградная реканализация хронических окклюзий, заключающаяся в заведении коронарного проводника в сосуд-реципиент через коллатеральные сосуды донора. Суть метода глубокого проведения заключается в заведении гидрофильного коронарного проводника за целевое сужение и далее через анастомозы в контралатеральную артерию и ретроградно в аорту либо в полость одного из желудочков и далее в аорту или легочные артерии.

Микроциркуляция миокарда

Большинство исследований, посвященных кровоснабжению

сердца, были проведены еще в 50–60-е годы прошлого столетия. В них изучались срезы сердца после внутриаортального введения водо- или жирорастворимых контрастных веществ. Для изучения артериальной системы вводили жировые эмульсии, раствор которых не проникает через мелкие капилляры и не проявляет венозную сеть. Для визуализации всей сосудистой системы сердца вводили водные растворы под достаточным давлением – обычно более 100 мм рт. ст. – для продавливания через систему капилляров и тугого наполнения венозной системы. Е.Н. Estes et al. [7] в своем исследовании изучали срезы свободной стенки левого желудочка у больных с сердечно-сосудистой и сопутствующей патологией (рис. 1). Авторы обнаружили, что от основных эпикардиальных артерий к стенке миокарда желудочков отходят мелкие артерии, диаметром 400–1500 мкм, имеющие многочисленное деление. Были выделены два вида сосудов: клас-

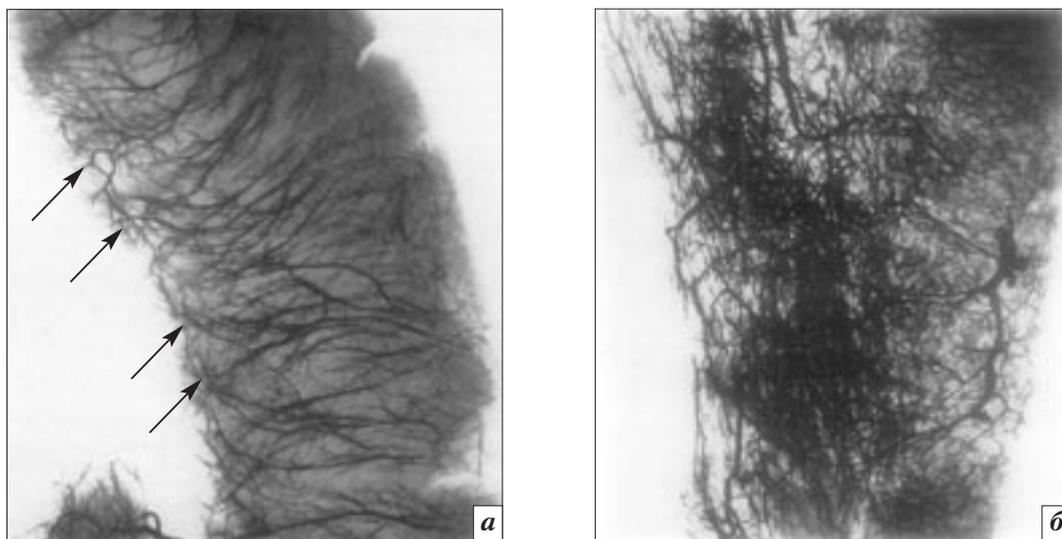


Рис. 1. Радиограммы срезов стенок левого желудочка на разных уровнях: *a* – радиограмма (увеличение в 3 раза) свободной стенки левого желудочка 52-летнего мужчины, умершего от интоксикации мышьяком, без сердечной и клапанной патологии; эпикардиальная часть располагается справа, кончик папиллярных мышц располагается внизу слева, сосуды класса А хорошо видны, имеют много ответвлений, которые пронизывают 3/4 стенки, сосуды типа Б широкие и формируют обширные аркады (стрелки) в эндокардиальной части; *б* – радиограмма (увеличение в 3,5 раза) секционного среза стенки левого желудочка 65-летнего мужчины, который имел «старый» инфаркт миокарда в анамнезе; эпикардиальная часть находится справа, эта секция была проведена через основание папиллярной мышцы, которое видно сверху и слева, сосуды класса А густо ветвятся, образуя широкою сеть переплетающихся волокон, диаметр некоторых из них достигает 500 мкм, сосуды класса Б пересекают эту сеть без прерывания

са А, делящиеся на очень тонкую и многочисленную сеть, которая занимает наружные 3/4 толщины миокарда, и класса Б – число их меньше, они делятся реже и достигают внутренней трети толщины миокарда, без большой потери в диаметре. Вышеописанные артерии образуют аркады в субэндокардиальных слоях, диаметр сосудов в этих сплетениях от 50 до 500 мкм.

Межартериальные соустья между крупными ветвями основных артерий были описаны при аутопсии у 23% больных без клапанной патологии, миокардита, гипертрофии желудочков, анемии, артериальной гипертензии, легочных, ренальных и метаболических болезней [8]. Причем анастомозы принимались за таковые только при наличии четкой связи с крупным стволом артерии – когда диаметр сосуда был более 0,2 мм. Такие соустья практически не видны на рентгенангиограмме, но их ход легко прослеживался на секциях во многих работах, где использовалась послойная техника Spalteholz [9, 10]. Сосуды Вьессена–Тебездия изучал Л.И. Габаин [11, 12], исследуя сосудистое русло методом инъекции через устья венечных артерий и венечный синус парижского синего в хлороформе, берлинской лазури и тушь-

желатиновой массы. В базальном отделе межжелудочковой перегородки, в подклапанном пространстве, а также на поверхности сосочковых мышц он обнаружил отверстия овальной формы, длинная ось которых соответствовала продольной оси сердца.

Изучение коррозионных слепков с полостей правого и левого желудочков показало, что отверстия и щели, обнаруживаемые на поверхности эндокарда, являются начальными отделами межтрабекулярных пространств, глубина которых в правом желудочке достигает 6–8 мм, в левом желудочке – 10–12 мм (рис. 2). Эндокард, выстилающий просветы межтрабекулярных пространств (МтП), как по толщине, так и по строению существенно изменяется по мере углубления пространств в толщу стенок желудочков. В устье данные пространства выстланы эндокардом, с выраженным эластическим компонентом. По мере углубления эндокард истончается, соединительнотканые волокна исчезают и МтП граничат с кардиомиоцитами. На некоторых срезах фрагменты трабекул были схожи по своему виду со створками клапанов мышечного или пленчатого типа, согласно классификации А.К. Габченко [13]. Диаметр терминальных ответвлений МтП

в стенке левого желудочка достигал 20–25 мкм, а затем их просвет уменьшался до 5–10 мкм и из состава стенок исчезал субэндотелиальный соединительнотканый слой, что приближало их по строению к кровеносным капиллярам. Однако данные образования нельзя идентифицировать с какими-либо компонентами микроциркуляторного русла миокарда, так как они являются производными МтП [14]. На рисунке 3 видно, что непосредственного соустья между трабекулярным пространством и стенкой артериолы нет, хотя они находятся в непосредственной близости и их разделяют несколько слоев клеток и эластических структур.

Вышеописанные структуры были выявлены у пациентов без предвещающей клиники ишемической болезни сердца. При наличии окклюзий коронарных артерий происходит значительное разрастание крупных коллатеральных каналов, которые были классифицированы G.S. Werner et al. на основании ряда ангиографических характеристик [15]. Так, СС0 – это невидимые при ангиографии коллатерали (как правило, септальные, а не эпикардиальные), СС1 – нитевидные, прослеживающиеся только возле ветвей артерии донора, СС2 – крупные коллате-

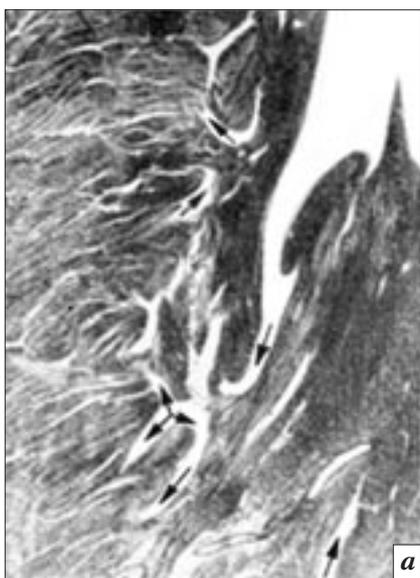


Рис. 2. Межтрабекулярные пространства на гистотопографических срезах стенок желудочков сердца. Межтрабекулярные пространства в стенке левого желудочка (а) локализуются преимущественно в субэндокардиальном слое, тогда как в правом желудочке (б) их разветвления достигают наружных слоев. Стрелками указаны ходы межтрабекулярных пространств в толще миокарда желудочков. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение 400



Рис. 3. Транзиторные ходы артерий через межтрабекулярные пространства (МтП) желудочков сердца. Стрелками указаны ходы артерий и их пространственное отношение к МтП: а–в – серийные гистотопографические срезы, окраска по Ван-Гизону; г – визуализируется впядение венулы в просвет межтрабекулярного пространства в стенке правого желудочка; окраска гематоксилином и пиррофуксином. Увеличение 400

ральные сосуды, сопоставимые по диаметру с боковой ветвью артерии, видимые на всем протяжении от артерии донора до дистального сегмента окклюзированной артерии. Традиционные эпикардиальные коллатеральные каналы выявляются между правожелудочковой ветвью и передней нисходящей артерией (ПНА), между дистальным сегментом ПНА и задней нисходящей артерией, между диагональными артериями и ПНА, между заднебоковой и огибающей артериями [16]. Данные анатомозы используются при ретроградной реканализации хронических окклюзий коронарных артерий. Для ретроградного прохождения используются длинные, мягкие, гидрофильные проводники. При этом их гидрофильное покрытие обеспечивает легкое прохождение проводника через септальные коллатерали, имеющие повышенное сопротивление во время систолы. После прохождения через окклюзию выполняется экстернализация коронарного проводника – выведение его наружу через катетер, установленный в устье окклюзированной артерии. При этом зафиксированный экстернализованный проводник обеспечивает

превосходную рельсовую поддержку для проведения интервенционных инструментов [17].

Заключение

Для выполнения методики глубокого проведения коронарного проводника существует большое количество возможных естественных анатомических путей. Представленные данные показывают возможность широкого применения методики без повышения риска развития пери- и послеоперационных осложнений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Windecker S., Kolh P., Alfonso F., Collet J.-P., Cremer J., Falk V. et al. ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J.* 2014; 35: 2541–619.
2. Krone R.J., Laskey W.K., Johnson C. et al. for the Registry Committee

of the Society for Cardiac Angiography and Interventions. A simplified lesion classification for predicting success and complications of coronary angioplasty. *Am. J. Cardiol.* 2000; 85: 1179–84.

3. Krone R.J., Shaw R.E., Klein L.W. et al. on behalf of the ACC-NCDR. Evaluation of the ACC/AHA and the SCAI lesion classification system in the current “stent” era of coronary interventions (from the ACC-National Cardiovascular Data Registry). *Am. J. Cardiol.* 2003; 92: 389–94.
4. Саммит по коронарным осложнениям. Материалы научно-практической конференции: Сборник клинических случаев коронарных осложнений. 25–26 февраля 2016 г. Москва. М.; 2016. [Summit on coronary complications. Materials from scientific-practical conference: Clinical cases of coronary complications. Moscow, February 25–26, 2016. Moscow; 2016 (in Russ.).]
5. Nguyen T.N., Colombo A., Hu D., Saito S., Grines C.L., Palacios I. Practical handbook of advanced interventional cardiology. Chichester: John Wiley & Sons; 2009: 66–7, 164–5.
6. <https://www.slideshare.net/NPSAIC/tech-11418806> (accessed 27 May 2017).
7. Estes E.H., Eniman M.L., Dixon H.D. II, Hackel D.B. The vascular supply of the left ventricular wall. Anatomic observation, plus a hypothesis re-

- garding acute events in coronary artery disease. *Am. Heart J.* 1966; 71: 58–67.
8. James T.N. Pathology of small coronary arteries. Detroit, Michigan; 1967.
 9. Zoll P.M., Wessler S., Schlesinger M.J. Interarterial coronary anastomoses in the human heart, with particular reference to anemia and relative cardiac anoxia. *Circulation.* 1951; 4 (6): 797–815.
 10. Hirsch C., Spalteholz W. Coronararterien und Herzmuskel. Anatomische und experimentelle Untersuchungen. *Deutsche Med. Wehnsehr.* 1907; 1: 790.
 11. Адыширин-заде Э.А., Габаин Л.И. Особенности рельефа внутренней поверхности желудочков сердца и сосуды «Вьессена–Тезебиза». *Архив анатомии, гистологии и эмбриологии.* 1984; 87 (10): 54–9. [Adyshirin-zade E.A., Gabain L.I. The topography of the inner surface of the ventricles of the heart and blood vessels “Wiesen-Tebase”. *Arkhiv Anatomii, Gistologii i Embriologii (Archive of Anatomy, Histology and Embryology, Russian journal).* 1984; 87 (10): 54–9 (in Russ.).]
 12. Габаин Л.И. Синусоиды – элементы кровеносного русла сердца человека. *Архив анатомии, гистологии и эмбриологии.* 1984; 88 (3): 54–61. [Gabain L.I. The sine – elements of the blood channel of the human heart. *Arkhiv Anatomii, Gistologii i Embriologii (Archive of Anatomy, Histology and Embryology, Russian journal).* 1984; 88 (3): 54–61 (in Russ.).]
 13. Габченко А.К., Шамирзаев Н.Х. Гистотопографическое строение венечных артерий сердца человека в пожилом и старческом возрасте. *Морфология.* 2008; 133 (2): 29–32. [Gabchenko A.K., Shamirzaev N.Kh. Historiographical structure of coronary arteries of man in elderly and senile age. *Morfologiya (Morphology, Russian journal).* 2008; 133 (2): 29–32 (in Russ.).]
 14. Шошенко К.А., Голубь А.С., Брод В.И. Архитектоника кровеносного русла. Новосибирск: Наука; 1982. [Shoshenko K.A., Golub A.S., Brod V.I. Architectonics of the bloodstream. Novosibirsk: Nauka; 1982 (in Russ.).]
 15. Werner G.S., Ferrari M., Heinke S. et al. Angiographic assessment of collateral connections in comparison with invasively determined collateral function in chronic coronary occlusions. *Circulation.* 2003; 107 (15): 1972–7.
 16. Joyal D., Thompson C.A., Grantham J.A., Buller C.E.H., Rinfret S. The retrograde technique for recanalization of chronic total occlusions a step-by-step approach. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2012; 5: 1–11.
 17. Synetos A., Toutouzas K., Latsios G., Kaitozis O., Trantalis G., Drakopoulou M. et al. Retrograde externalization of a Floppy RotaWire in a chronic total occlusion. *Intern. J. Cardiol.* 2015; 201: 160–1.

Поступила 15.05.2017
Принята к печати 14.06.2017

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ ТИРЕОТОКСИКОЗА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ

П.О. Румянцев, д. м. н., заместитель директора по инновационному развитию, руководитель отдела радионуклидной диагностики и терапии;

А.А. Трухин, медицинский физик;

М.В. Дегтярев, заведующий отделением радионуклидной диагностики

ФГБУ «Эндокринологический научный центр» Минздрава России,
ул. Дмитрия Ульянова, 11, Москва, 117036, Российская Федерация

PERSONALIZED APPROACH TO THYROTOXICOSIS TREATMENT: THE HISTORY OF DOSIMETRIC CONCEPTS DEVELOPMENT

P.O. Rumyantsev, MD, PhD, DSc, Deputy Director for Innovative Development,
Head of Radionuclide Diagnostics and Therapy Department;

A.A. Trukhin, Medical Physicist;

M.V. Degtyarev, Head of Department of Radionuclide Diagnosis

Endocrinology Research Center,

ul. Dmitriya Ul'yanova, 11, Moscow, 117036, Russian Federation

В последнее десятилетие в ядерной медицине наметилась отчетливая тенденция к совершенствованию дозиметрического планирования радионуклидной терапии. Исторически в ядерной медицине сложился следующий алгоритм индивидуального расчета эффективной терапевтической активности: назначение фиксированной трейсерной активности радиофармпрепарата, изучение его индивидуальной радиобиокинетики с последующим математическим моделированием процессов переноса излучения и расчетом оптимальной терапевтической активности. Данный подход реализует концепцию тераностики в ядерной медицине.

Разнообразие существующих протоколов дозиметрического планирования радионуклидной терапии является свидетельством того, что оптимальный алгоритм, учитывающий все индивидуальные параметры человека и параметры излучения (радиобиокинетика в мишени и в организме в целом, объем и функциональное состояние, влияние иных эндогенных факторов), пока не предложен. Разработка робастной модели дозиметрического планирования радионуклидной терапии требует учета всех факторов, независимо и значимо влияющих на формирование эффективной дозы облучения в очагах поражения, с одной стороны, и побочного облучения других органов и тканей, с другой стороны.

Ключевые слова: исторический обзор; дозиметрическое планирование; математическое моделирование методом Монте-Карло; радионуклидная терапия.

Для цитирования: Румянцев П.О., Трухин А.А., Дегтярев М.В. Персонализированный подход к лечению тиреотоксикоза: история развития дозиметрических концепций. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 214–8. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-214-218

Для корреспонденции: Трухин Алексей Андреевич; E-mail: alexey.trukhin12@gmail.com

In recent decade, nuclear medicine demonstrates a tendency towards improvement of dosimetry approaches to radionuclide therapy. Historically there were developed several methods for calculating effective therapeutic activity: prescription of standard activities (fixed activities) and personalized assessment of effective activity based on evaluation of individual radiobiokinetics, followed by the mathematical modeling.

Accumulated variety of approaches to dosimetric planning of radionuclide therapy demonstrates that an optimal algorithm for calculation has not been developed so far. Developing robust pre-therapeutic dosimetric planning protocol for radionuclide therapy requires consideration of all factors (individual biokinetics, geometry, properties of radionuclide) which are independently and significantly affects target absorbed dose delivery on the one hand, and exposure of other organs and tissues, on another hand.

Index terms: historical review; dosimetry planning; Monte Carlo simulation; radionuclide therapy.

For citation: Rumyantsev P.O., Trukhin A.A., Degtyarev M.V. Personalized approach to thyrotoxicosis treatment: the history of dosimetric concepts development. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 214–8 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-214-218

For correspondence: Aleksey A. Trukhin; E-mail: alexey.trukhin12@gmail.com

Information about authors:

Rumyantsev P.O., orcid.org/0000-0002-7721-634X

Trukhin A.A., orcid.org/0000-0001-5592-4727

Degtyarev M.V., orcid.org/0000-0001-5652-2607

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received May 24, 2017

Accepted June 8, 2017

Введение

Зависимость функционирования щитовидной железы от баланса йода, который как химический элемент был открыт в 1811 г., впервые отметил в своих работах Е. Вагманн в 1896 г., что является уникальной метаболической особенностью этого органа. Клетки щитовидной железы активно захватывают йод из крови и используют его для синтеза гормонов. Чем выше функциональная активность щитовидной железы, тем интенсивнее ее клетки захватывают йод из крови [1–4].

В 1849 г. в Санкт-Петербурге была выполнена первая тиреоидэктомия под общим (эфирным) обезболиванием. Безопасность хирургического вмешательства в то время была невысока, что служило стимулом для поиска нехирургических способов лечения тиреотоксикоза.

Первое документированное применение естественной радиоактивности при лечении диффузного токсического зоба, или болезни Грейвса (названа в честь R. Graves, в 1835 г. впервые описавшего диффузный зоб с экзофтальмом), датируется 1904 г. Первую аппликацию ^{226}Ra в

щитовидную железу провел R. Abbe. Лечение болезни Грейвса ^{226}Ra не увенчалось успехом, тогда как его применение для лечения рака прямой кишки, рака влагалища, шейки и тела матки было более успешным, по крайней мере в части уменьшения болевого синдрома [5].

Фундаментальное исследование по разработке технологий измерения дозы облучения проведено в 1902 г. командой ученых под руководством G. Holzknacht. Был разработан пенетрометр, в котором использован эффект обесцвечивания гидрососолей при воздействии излучения [6, 7].

На этом поиск альтернатив хирургическому вмешательству не прекратился. В 1916 г. M. Seymour из Massachusetts General Hospital опубликовал первые результаты применения рентгеновского излучения с пиковой энергией 140 кВ_{пик} при лечении тиреотоксикоза [8].

Концепция радиотрейсинга в изучении биокинетики ввел G. Hevesy в 1924 г., за что был удостоен Нобелевской премии по химии (1943 г.).

S. Hertz первым в мире назначил радиоактивный йод (смесь

изотопов ^{130}I и ^{131}I) пациентке с болезнью Грейвса в январе 1941 г. [4].

Использование радиоактивности в лечении требовало разработки методик ее эффективного применения. На примере радиоактивного йода можно проследить поэтапную эволюцию протокола дозиметрического планирования радионуклидной терапии.

В таблице представлены исторические этапы развития дозиметрических подходов в медицине.

Первый опыт. Формула Marinelli

Первые попытки оптимизировать лечение радиоактивными веществами были предприняты E. Quimby (рис. 1, а) и L. Marinelli (рис. 1, б) в 1948 г. [9]. В основе их подхода лежат дозиметрические методы расчета внутреннего облучения равномерно распределенных источников ^{226}Ra . Энергия рожденных бета-частиц ^{131}I , по их допущению в расчетах, поглощалась в местах их возникновения.

L. Marinelli со своими коллегами акцентировали внимание на важных для расчета терапевтиче-

Этапы развития дозиметрического планирования

Методика	Преимущества	Недостатки
Формула L.D. Marinelli (1948 г.)	Учитывает экспоненциальное уменьшение изотопа в мишени. Учитывает массу мишени	При расчете используется средняя энергия бета-частиц. Фиксированный фактор накопления дозы. Не учитывает динамику изменения концентрации йода в ЩЖ. Не учитывает постлучевую деградацию ткани мишени
Формула W.H. Elett et al. (1964 г.). MIRD-схема (1968 г.)	Учитывает экспоненциальное уменьшение изотопа в мишени. Учитывает массу мишени. Учет вклада в поглощенную дозу от сторонних органов. Учет биокинетики радиотрейсера в мишени	Факторы накопления дозы, рассчитанные на фантомах. Не учитывает постлучевую деградацию ткани мишени
Монте-Карло код Geant4, MNCP (после 1964 г.). Активное внедрение (после 2000 г.)	Учитывает экспоненциальное уменьшение изотопа в мишени. Учитывает массу мишени. Учет вклада в поглощенную дозу от сторонних органов. Учет биокинетики радиотрейсера в мишени. Учет индивидуальных размеров очаговой зоны	Не учитывает постлучевую деградацию ткани мишени. Требуется специально обученный персонал

ской активности (A) ^{131}I этапах изучения биокинетики и физико-математического моделирования распространения элементарных частиц и предложили максимально простую реализацию комбинации этих этапов в виде следующей формулы:

$$A = \frac{25 \cdot m \cdot D}{U_{24\text{ч}} \cdot T_{\text{eff}}}$$

Формула учитывает эффективное время полувыведения ^{131}I (T_{eff} , с) в массе (m , г) щитовидной железы от 24-го к 48-му часу, процент захвата ^{131}I на 24-й час после введения ($U_{24\text{ч}}$). Средняя энергия бета-частиц ^{131}I учтена в конверсионном коэффициенте (25) между активностью и дозой (D , Гр).

Е. Quimby в 1951 г. представила сферические модели органов, необходимых для расчета поглощенных доз излучения. Выполненные ею наблюдения позволили сделать вывод, что захват исследуемой ткани в фиксированное время после введения сильно зависит от особенностей биокинетики человека и тем самым вносит погрешность в расчет терапевтической активности.

В 1957 г. Food Drugs Agency утвердило первый радиофармпрепарат (РФП) на основе ^{131}I под названием «IODOТОPE», что стало стимулом для широкого применения радиойодтерапии во всем мире [10].

Биобезопасность радионуклидной терапии

Наиболее «критическим» органом с точки зрения пагубного воздействия излучения является костный мозг. В 1962 г. R.S. Вепца предложил методику прямой дозиметрии образцов крови. Он обнаружил, что терапия радиойодом безопасна при условии, если поглощенная доза облучения крови (и, соответственно, костного мозга) не превышает 2 Гр (200 Рад). Данный метод дозиметрии показан прежде всего в случаях терапии рака щитовид-



Рис. 1. Медицинские физики Edith Quimby (1891–1982) (а) и Leonidas Marinelli (1906–1974) (б)

ной железы высокими активностями (120 мКи и более), как на этапе предтерапевтического дозиметрического планирования, так и радиометрического мониторинга непосредственно в процессе лечения. При радиойодтерапии активностями в пределах 120 мКи общее облучение крови обычно не превышает максимально допустимой дозы облучения крови (2 Гр). Эмпирический подход к выбору лечебной (фиксированной, стандартной) активности не учитывает индивидуальных особенностей биокинетики конкретного пациента, поэтому порог 120 мКи является весьма условным. Для лечения отдаленных метастазов дифференцированного рака щитовидной железы в отдельных случаях обосновано применение довольно высоких активностей (7,4 ГБк и более). При этом необходимо контролировать порог максимальной лучевой нагрузки на кровь в пределах 2 Гр.

Биодозиметрия в процессе лечения по образцам крови (2 мл) сопряжена с высокой лучевой нагрузкой на обслуживающий медицинский персонал. Поэтому данный вид дозиметрии на практике применяется редко.

Нагрузка на костный мозг в рамках подготовки к лечению рака щитовидной железы зависит от таких параметров пациента, как объем циркулирующей крови (ОЦК) и функция почек.

Объем циркулирующей крови мужчины и женщины рассчитывается по формулам:

$$\text{ОЦК}_m (\text{мл}) = 31,9 \cdot \text{рост} (\text{см}) + 26,3 \cdot \text{масса пациента} (\text{кг}) - 2402;$$

$$\text{ОЦК}_ж (\text{мл}) = 56,9 \cdot \text{рост} (\text{см}) + 14,1 \cdot \text{масса пациента} (\text{кг}) - 6460.$$

Функциональное состояние почек довольно вариабельно и определяется главным образом скоростью клубочковой фильтрации, которая у взрослых в норме составляет 100–120 мл/мин. После фильтрации в клубочках первичная моча подвергается реабсорбции биологически важных веществ в тубулярной сети и петлях Генле. Регуляция почечной функции и, опосредованно, давления и объема крови находится под влиянием эндокринных регуляторов: ренина, ангиотензинов, вазопрессина, альдостерона и пр. Функция почек может быть угнетена воспалительными заболеваниями, наследственной патологией, травмами, операциями и т. п.

Эталонным методом для измерения выведения ^{131}I считают планарную сцинтиграфию. Измерения всего тела проводят два раза: 1) после введения ^{131}I и до мочеиспускания; 2) через 48 ч с момента введения ^{131}I .

На этапе диагностики, при оценке поведения ^{131}I вводится до 74 МБк. Малую концентрацию активности ^{131}I в 1 мл измеряют на спектрометрах, оборудованных низкофонозой защитой.

Применение биодозиметрии как контроля безопасности высокой терапевтической активности является важным аспектом радиационной безопасности пациентов, и прежде всего профилактики возникновения вторичных радиационно-обусловленных опухолей (лейкемия и солидные опухоли).

Математическое моделирование методом Монте-Карло

Начало 1960-х годов, когда компьютеры уже могли обеспечить сложные расчеты, можно считать начальным этапом развития математического моделирования методом Монте-Карло. Развитие данного метода закономерно привело к созданию в 1965 г. Комитета сообщества ядерной медицины по вопросам дозы внутреннего медицинского излучения (MIRD). В 1968 г. MIRD определил базовую на сегодняшний день схему расчета облучения при попадании известного количества изотопа в организм [11].

Основные правила MIRD-модели расчета внутреннего облучения:

1) изучение процесса распространения введенной малой диагностической (трейсерной) активности РФП для оценки индивидуальных биологических параметров (биокинетики);

2) применение формулы W.H. Ellett et al. (1964 г.) для расчета поглощаемой дозы [12, 13]:

$$D_{r_k} = \sum_h \tilde{A}_h \cdot S(r_k \leftarrow r_h),$$

где r – радиус-вектор, h – источник (анатомическая структура), k – орган, в котором ведется расчет дозы, D – доза, \tilde{A} – кумулятивная активность (Бк·с), S – фактор накопления дозы во времени (Гр/Бк·с).

Таблицы значений S -факторов были рассчитаны для MIRD-фантомов (женщина и мужчина), состоящих из примитивных фигур (сфера, цилиндр и т. д.), описывающих органы [14]. В течение

последующих 10 лет врачи и медицинские физики во всем мире накапливали данные о вариантах распределения во времени радиоактивных веществ в теле человека, что в итоге позволило создать фантомы: беременной женщины, 1-, 5-, 10- и 15-летнего человека.

На практике биологическая мишень чрезвычайно вариабельна с точки зрения объема, структуры и физиологии. Кроме того, параметры могут меняться во времени (прогрессирование, ответ на лечение). До настоящего времени алгоритмы учета этих факторов не разработаны, и возможность этого представляется маловероятной.

«Массовые» технологии в дозиметрии

С 1976 г. началась эра компьютеризированных расчетов в дозиметрии: P. Feller разработал программный пакет CAMRID/II с базовым набором органов и их стандартной биокинетикой. Новая программа содержала таблицы MIRD S -факторов для 20 органов и более чем 120 радионуклидов [15].

В 1987 г. Radiation Internal Dose Information Center (RIDIC) в институте г. Окриджа начинает распространять программный пакет MIRDOSE. Данные пакеты содержат уникальные биокинетические модели для расчета доз внутреннего облучения, набор фантомов и радионуклидов [16].

Массовая система RADAR была разработана для обеспечения специалистов ядерной медицины данными для выполнения расчетов поглощенной дозы облучения. Группа, работавшая над этой системой, создала и поддерживает в Интернете вебсайт (www.doseinfo-radar.com), откуда можно получить оценки доз внутреннего и внешнего облучений. Большая часть данных доступна для прямой загрузки. Сайт RADAR обеспечивает данными по схемам распада и дозовым факторам в геометрии «Family» фантомов, разработанных под руководст-

вом К. Eskerman, для более чем 800 радионуклидов [17].

Научные технологии

С начала 1980-х годов начинается внедрение в медицинскую практику интроскопических методов диагностики: ультразвуковое сканирование, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, однофотонная эмиссионная томография, позитронная эмиссионная томография. Взгляд «внутри» позволил точнее определять размеры, в том числе геометрию расположения патологических очагов, форму органа-мишени и тем самым предоставлять входные данные для моделирования переноса излучения в ткани органа-мишени.

С 2001 г. в CERN открытым сообществом развивается программный пакет GATE [18], собранный на базе библиотек Geant4 [19]. Библиотеки Geant4 содержат экспериментально подтвержденную информацию о физических характеристиках распространения элементарных частиц в веществе. Данный программный пакет является инструментом в руках медицинского физика для расчета влияния излучения в разных клинических случаях. Результаты расчетов экспериментально подтверждаются и не расходятся с другими средами моделирования по методу Монте-Карло, например MNCP (Monte Carlo N-Particle) код [20].

Дозиметрическое планирование радионуклидной терапии должно учитывать результаты таких методов интроскопии, как ОФЭКТ-КТ и ПЭТ-КТ. Единственным ограничением остается разрешение методов визуализации, которое не позволяет планировать дозу облучения мишени меньше, чем пространственное разрешение применяемого метода томографии.

Заключение

Сегодня ассоциации специалистов ядерной медицины во всем мире совершенствуют персонали-

зированные подходы к дозиметрически обоснованному расчету терапевтических активностей [1–3]. Важно найти оптимальный баланс эффективности и безопасности лечения при условии:

1) минимально необходимого количества сеансов радионуклидной терапии;

2) отсутствия избыточного облучения других органов, в первую очередь радиочувствительных (костный мозг, половые железы, сетчатка глаза и др.).

Радионуклидная терапия претерпевает важный эволюционный этап развития в связи с необходимостью персонализированного подхода к лечению, повышению его эффективности и безопасности. Совершенствуются технологическая база и вычислительные мощности, методы физической и биологической радиометрии. Прогресс в изучении фундаментальных основ патологических процессов позволит прогнозировать и влиять на эффект лечения, подбирать оптимальную терапевтическую активность и комбинацию иных методов.

Главная задача дозиметрического планирования радионуклидной терапии сегодня – изучение индивидуальной *in vivo* радиобиокинетики (захват, накопление, выведение РФП) и персонализация плана лечения с достижением оптимального соотношения эффективности и безопасности. Традиционный подход основан на применении тераностиков – одного и того же РФП для диагностики и лечения. Выяснив «поведение» небольшой (трейсерной) активности РФП в организме *in vivo*, можно предвидеть биокинетику высокой активности этого же РФП на этапе лечения. Основные достижения по совершенствованию дозиметрического планирования радионуклидной терапии в мире отработаны и продолжают совершенствоваться на классическом тераностике – ^{131}I , который ус-

пешно применяется для лечения заболеваний щитовидной железы с середины 1940-х годов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Bahn R.S., Burch H.B., Cooper D.S. ATA / Hyperthyroidism and other causes of thyrotoxicosis: management guidelines of the American Thyroid Association and American Association of Clinical Endocrinologists. *Hyperthyroidism and other causes of thyrotoxicosis: management guide. Endocr. Pract.* 2011; 17 (3): 1–65.
2. Skanjeti A., Miranti A., Yabar G.M.D., Bianciotto D., Trevisiol E., Stasi M. et al. A simple and accurate dosimetry protocol to estimate activity for hyperthyroidism treatment. *Nucl. Med. Rev.* 2015; 18 (1): 13–8.
3. Stokkel M.P.M., Handkiewicz Junak D., Lassmann M., Dietlein M., Luster M. EANM procedure guidelines for therapy of benign thyroid disease. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* 2010; 37 (11): 2218–28.
4. Румянцев П.О., Коренев С.В. История появления терапии радиоактивным йодом. *Клиническая и экспериментальная тиреоидология.* 2015; 11 (4): 51–5. [Rumyantsev P.O., Korenev S.V. History of radioiodine therapy uprise. *Klinicheskaya i Eksperimental'naya Tiroidologiya (Clinical and Experimental Thyroidology, Russian journal).* 2015; 11 (4): 51–5 (in Russ.).]
5. Abbe T. Notes on the physiologic and the therapeutic action of radium. *Wash. Med. Ann.* 1904; 2: 363–76.
6. Holzknecht G. Eine neue einfache Dosierungsmethode in der Röntgen-therapie. *Münch. Med. Wochenschr.* 1902; 45.
7. Holzknecht G. Ueber das Chromoradiometer. II. Internationaler Kongreß für med. *Elektrologie und Radiologie.* 1902; 6 (49).
8. Seymour M. Treatment of Grave's disease by Roentgen rays. *Boston Med. Surg. J.* 1916; 175: 568–9.

9. Marinelli L.D. Dosage determination in the use of radioactive isotopes. *J. Clin. Invest.* 1949; 1271 (80).
10. Drugs@FDA: FDA Approved Drug Products. Available at: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cder/daf/> (accessed 9 August 2017).
11. Howell R.W., Wessels B.W., Loevinger R. The MIRD perspective. *J. Nucl. Med.* 1999; 40: 37S–44S.
12. Ellen W.H., Callahan A.B., Brownell G.L. Gamma-ray dosimetry of internal emitters. I. Monte Carlo calculations of absorbed dose from point sources. *Br. J. Radiol.* 1964; 37: 45–52.
13. Ellett W.H., Callahan A.B., Brownell G.L. Gamma-ray dosimetry of internal emitters. II. Monte Carlo calculations of absorbed dose from uniform sources. *Br. J. Radiol.* 1965; 38: 541–4.
14. Snyder W.S., Ford M.R., Warner G.G. MIRD Pamphlet No. 5: Estimates of absorbed fractions for monoenergetic photon sources uniformly distributed in various organs of a heterogeneous phantom. *J. Nucl. Med.* 1969; Suppl. 3: 7–52.
15. Feller P.A. CAMIRD/II-Computer software to facilitate absorbed-dose calculations. In: Radiopharmaceutical dosimetry symposium proceedings. Rockville. 1976; 1976, 76 (8044); 119–26.
16. Stabin M.G. MIRDOSE: personal computer software for internal dose assessment in nuclear medicine. *J. Nucl. Med.* 1996; 37: 538–46.
17. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. М.; 2011. [Klimanov V.A. Radiobiology and dosimetry planning of distant radiotherapy and radionuclide therapy. Moscow; 2011 (in Russ.).]
18. Documentation and recommendations for users | GATE. Available at: <http://www.opengatecollaboration.org/UsersGuide/> (accessed 9 August 2017).
19. Geant4: a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Available at: <https://geant4.web.cern.ch/geant4/> (accessed 9 August 2017).
20. Los Alamos National Laboratory: MCNP Home Page. Available at: <https://mcnp.lanl.gov/> (accessed 9 August 2017).

Поступила 24.05.2017
Принята к печати 08.06.2017

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2016 г.

И.Е. Тюрин, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии,
главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике Минздрава России

ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования» Минздрава России,
ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 125993, Российская Федерация

RADIOLOGY IN THE RUSSIAN FEDERATION IN 2016

I.E. Tyurin, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Chair of Radiology and Nuclear Medicine,
Chief Freelance Expert in Radiology and Diagnostics the Ministry of Health of Russia

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Health of Russia,
ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation

В статье представлены результаты анализа состояния службы лучевой диагностики в 2016 г. по сравнению с данными предшествующих лет в отношении кадрового и материально-технического обеспечения медицинских организаций государственного и муниципального сектора здравоохранения. Изучены данные о количественном составе и укомплектованности врачами-рентгенологами, радиологами, врачами ультразвуковой диагностики и рентгенолаборантами по материалам Министерства здравоохранения Российской Федерации за 2010–2016 гг. Показано, что численность специалистов в области лучевой диагностики медленно растет, однако сохраняется высокий коэффициент совместительства. Увеличивается количество оборудования для лучевой диагностики, а также число проведенных исследований, причем наиболее выражены эти тенденции в ультразвуковой диагностике, рентгеновской компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии. Вместе с тем не происходит качественного улучшения диагностического процесса, что отражается в низком уровне контрастирования при КТ и МРТ, малой доле специальных томографических исследований, в том числе сердечно-сосудистой системы (КТ) и области живота (МРТ). Результаты исследования свидетельствуют о необходимости совершенствования кадровой политики в области лучевой диагностики.

Ключевые слова: медицинская визуализация; лучевая диагностика; рентгенодиагностика; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография; врач-рентгенолог; врач-радиолог; врач ультразвуковой диагностики.

Для цитирования: Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации в 2016 г. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (4): 219–26. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-219-226

Для корреспонденции: Тюрин Игорь Евгеньевич; E-mail: igortyurin@gmail.com

The article presents the analytical report of the service of radiology in 2016 in comparison with previous years data concerning the staffing and logistics of radiological procedures in medical organizations of state and municipal health sector. Studied data based on quantitative composition and staffing radiologists, nuclear medicine specialists, ultrasonic diagnostics specialists and radiographers, the materials of the Ministry of health of the Russian Federation for 2010–2016. It is shown that the number of specialists in the field of radiological diagnostics is constantly slowly growing, however there is a high percentage of part-time. Increases number of instruments for medical imaging, a growing amount of research being conducted, with the most pronounced of these trends in ultrasound diagnostics, X-ray computed tomography and magnetic resonance imaging. However, a qualitative improvement of the diagnostic process, which is reflected in the low level of contrast enhancement in CT and MRI, a low share of a special tomographic imaging including cardiovascular CT and abdominal MRI. The results of the study indicate the necessity of improvement of personnel policy in the field of the medical imaging.

Index terms: medical imaging; radiological diagnostics; diagnostic radiology; computed tomography; magnetic resonance imaging; radiologist; nuclear medicine specialist; ultrasonic diagnostics specialist.

For citation: Tyurin I.E. Radiology in the Russian Federation in 2016. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (4): 219–26 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-4-219-226

For correspondence: Igor' E. Tyurin; E-mail: igortyurin@gmail.com

Information about author:

Tyurin I.E., orcid.org/0000-0003-3931-1431

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Received June 23, 2017

Accepted July 27, 2017

Лучевая диагностика представляет собой важный элемент клинической медицины и один из наиболее интенсивно развивающихся сегментов современного

здравоохранения. Отличительными особенностями лучевой диагностики являются повсеместное внедрение цифровых технологий и информационных ресурсов для

хранения и обмена изображениями, опережающее развитие томографических технологий с исключительной высокой разрешающей способностью, интеграция различ-



Рис. 1. Отделения и кабинеты лучевой диагностики и лучевой терапии в 2016 г.



Рис. 2. Кадровая структура врачей в лучевой диагностике и радиотерапии в 2016 г.

ных направлений лучевых исследований в так называемые гибридные технологии, активный поиск новых методик раннего (своевременного) выявления болезней, интенсивное развитие рентгенохирургических методов визуализации и лечения.

Согласно статистическим данным [1, 2], в 2016 г. в подведомственных Минздраву России медицинских организациях было развернуто 5500 рентгенологических кабинетов (отделений), 5014 кабинетов (отделений) ультразвуковой диагностики (УЗД), 3077 флюорографических кабинетов, 1520 маммографических кабинетов, 1177 кабинетов (отделений) рентгеновской компьютерной томографии (КТ), 465 кабинетов (отделений) магнитно-резонансной томографии (МРТ), 119 отделений (лабораторий) радиоизотопной диагностики, 51 радиотерапевтическое отделение и 162 рентгенохирургических отделения (рис. 1).

В структурных подразделениях лучевой диагностики на конец 2016 г. работало 35 667 врачей, что составляет немногим больше 5% от общей численности всего врачебного персонала России. Среди специалистов этого на-

правления клинической медицины работает 16 611 врачей-рентгенологов (в 2014 г. – 15 889), 15 083 специалиста по УЗД (13 976), 1247 врачей-радиологов (1445) и 1617 врачей по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения (1133) (рис. 2). Достоверно судить о числе врачей-радиологов пока не представляется возможным, так как эта специальность была разделена в 2012 г. на собственно радиологию (ядерную медицину) и радиотерапию (лучевую терапию) [2]. Данные о численности специалистов в этой области можно будет оценить после 2017 г., когда большинство врачей этих направлений пройдут процедуру сертификации.

Важные тенденции можно отметить и при сопоставлении данных за последние 6 лет, с 2010 по 2016 г. (табл. 1). За этот период в медицинских организациях увеличилось число штатных должностей рентгенологов – на 11%, число занятых должностей – на 8%, число физических лиц (ФЛ) врачей – на 22%. Укомплектованность штатных должностей физическими лицами увеличилась с 54 до 59%, коэффициент совместительства уменьшился с 1,68 до 1,49.

К концу 2016 г. численность врачей УЗД составила 15 083 человека. За 6 лет, начиная с 2010 г., в медицинских организациях число штатных должностей врачей УЗД увеличилось на 12%, занятых должностей – на 18% и, что особенно важно, физических лиц – на 41%. Такая позитивная динамика привела к определенному снижению показателя совместительства в этой области лучевой диагностики – с 1,92 до 1,61.

Подобные тенденции уже отмечались в предшествующих исследованиях [4, 5]. Эти данные свидетельствуют о том, что кадровый дефицит в области лучевой диагностики стал менее выраженным, но по-прежнему сохраняется, особенно в небольших городах с населением до 50 тыс. человек, в сельской местности и в амбулаторно-поликлинических организациях.

Квалификационные категории в области лучевой диагностики имели 46% врачей-рентгенологов, 41% врачей УЗД и 58% рентгенолаборантов. В динамике отмечается неуклонное снижение доли специалистов, имеющих какую-либо квалификационную категорию.

Динамика обеспеченности кадрами отдельных направлений лучевой диагностики

Наименование должности	Число должностей, укомплектованность, совместительство	2010 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.	2010/2016 (+%)
Рентгенолог	Штатных должностей	24 862	26 241	28 432	27 991	11,81
	Занятых должностей	22 842	23 562	25 210	24 745	8,33
	Укомплектованность должностей, %	91,88	89,79	88,64	88,42	
	Физических лиц	13 571	14 189	15 889	16 611	22,41
	Укомплектованность ФЛ, %	54,59	54,07	55,92	59,34	
	Совместительство	1,68	1,66	1,58	1,49	
Врач УЗД	Штатных должностей	22 115	24 506	27 129	27 369	12,35
	Занятых должностей	20 564	22 184	24 232	24 326	18,29
	Укомплектованность должностей, %	92,9	90,52	89,32	88,88	
	Физических лиц	10 698	11 875	13 976	15 083	40,98
	Укомплектованность ФЛ, %	48,37	48,46	51,51	55,1	
	Совместительство	1,92	1,87	1,73	1,61	
Рентгенолаборанты	Штатных должностей	41 530	43 347	46 503	45 878	10,46
	Занятых должностей	39 343	40 340	42 616	41 966	6,74
	Укомплектованность должностей, %	94,73	93,06	91,64	91,47	
	Физических лиц	29 045	29 445	31 719	31 949	10,01
	Укомплектованность ФЛ, %	69,94	67,93	68,21	69,63	
	Совместительство	1,35	1,37	1,34	1,31	

В 2016 г. было выполнено более 326 млн лучевых исследований, что на 2,5% больше, чем в 2014 г. (318 млн исследований). Как обычно, в структуре лучевых исследований преобладают диагностические и профилактические рентгенологические (30 и 24% соответственно) и ультразвуковое (43%) исследования (рис. 3). Часть последних в настоящее время также является профилактическими и проводится в рамках программ диспансеризации населения. На долю томографических исследований, радионуклидной диагностики и рентгенохирургических вмешательств приходится не более 5% от всего объема лучевых исследований.

Наиболее интенсивно развивались ультразвуковая диагностика, а также рентгеновская КТ и МРТ (рис. 4). Впервые за последние 10 лет отмечается уменьшение абсолютных значений числа рентгенологических исследований. Относительно стабиль-

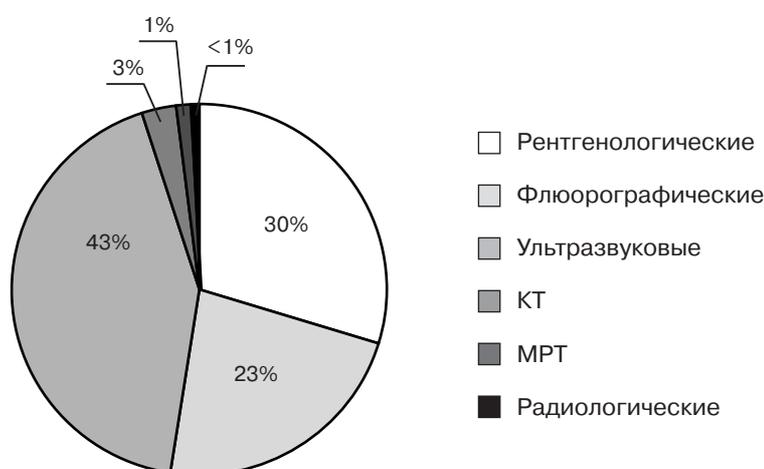


Рис. 3. Структура лучевых исследований в 2016 г. (общее количество 326 млн)

ным является количество флюорографий органов грудной полости, проводимых в рамках программ диспансеризации населения и борьбы с туберкулезом. Радионуклидные методы диагностики в целом остаются примерно на одном уровне, однако с учетом почти двукратного уменьшения числа исследований *in vitro* можно констатировать умеренный рост количества диагности-

ческих исследований. При этом количество ПЭТ/КТ-исследований увеличилось почти на 20%.

Такая структура лучевых исследований закономерна не только для отечественного здравоохранения, но и для большинства экономически развитых стран. Она сохраняется на протяжении последних 20 лет и отражает реальные задачи технологий медицинской визуализации на различных

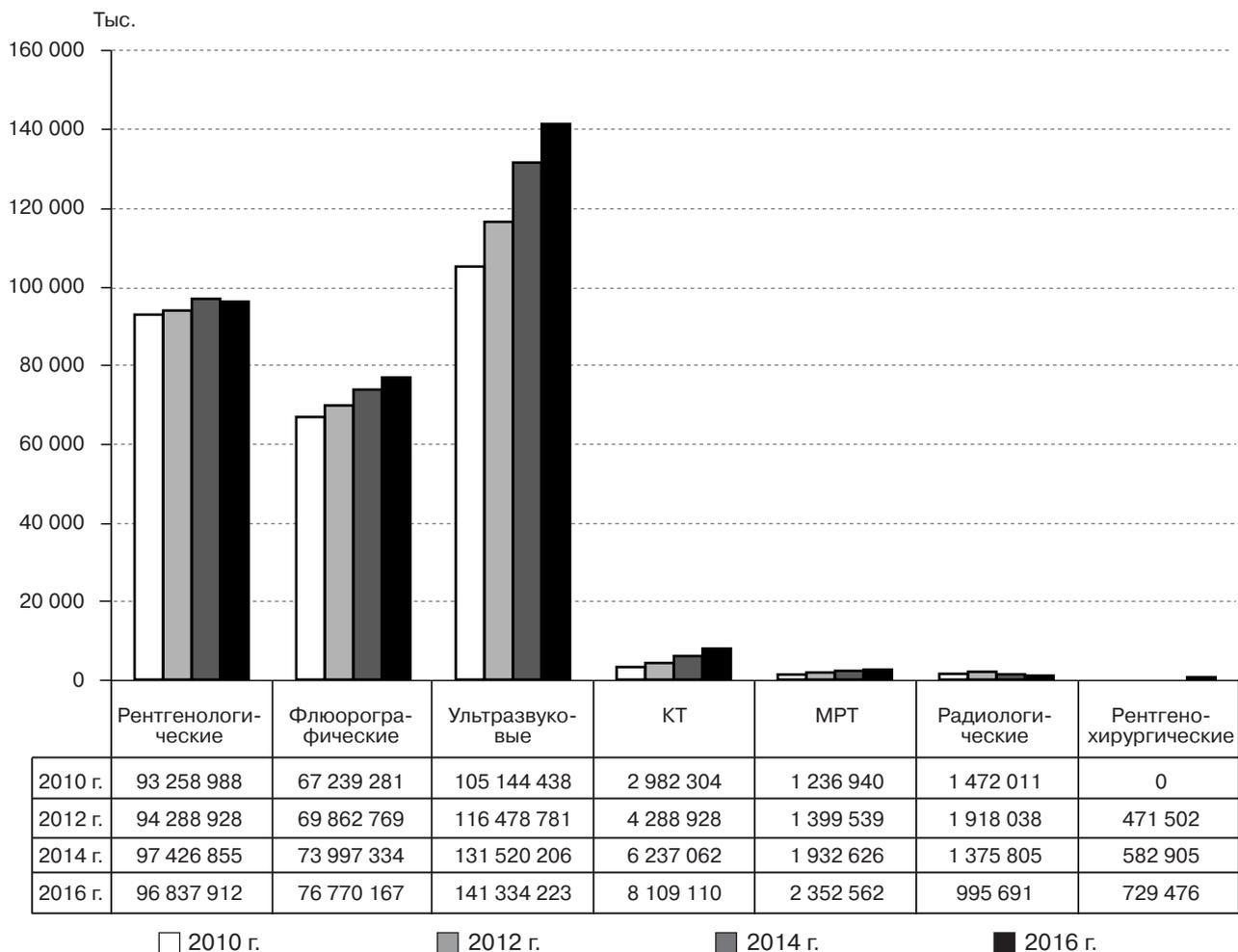


Рис. 4. Динамика лучевых исследований в 2010–2016 гг.

этапах оказания медицинской помощи.

Во время первичной диагностики лучевые методы используются при обращении пациента за медицинской помощью в случаях острых заболеваний и травм, в процессе профилактических осмотров и диспансеризации, а также при наблюдении за пациентами с длительно текущими хроническими заболеваниями. Основная задача диагностики здесь – разграничение нормы (вариантов нормы) и патологии и характеристика выявленной патологии с использованием наиболее доступных методов визуализации. В большинстве случаев это удается сделать с помощью рентгенографии и УЗИ. Поэтому количество рентгеновских и УЗИ-исследований исчисляется миллионами, их доля в общей струк-

туре лучевых исследований достигает 90%. В последние годы наметилась отчетливая тенденция шире использовать на этом этапе диагностики рентгеновскую КТ. Особенно большое значение эта технология приобретает в неотложной диагностике.

У относительно небольшой части пациентов, доля которых не превышает 10–15%, выявленные или предполагаемые изменения внутренних органов требуют уточняющей диагностики. Задача лучевого исследования при этом состоит не столько в выявлении патологических изменений, сколько в предельно точной характеристике распространенности процесса, фазы или стадии его развития, степени выраженности функциональных нарушений и, конечно, определении возможностей лечения и его вида.

На этом этапе доминируют более сложные технологии лучевой диагностики, такие как КТ, МРТ, прямая ангиография, радионуклидная диагностика и ПЭТ. В структуре деятельности специализированных учреждений совокупная доля этих технологий может превышать 20–30%. Однако в общей структуре лучевых исследований отдельной территории объем специальных исследований обычно не более 5–7%.

В 2016 г. в медицинских организациях было выполнено 6,2 млн КТ-исследований, из которых 5% сопровождалось внутривенным контрастированием и 14% – внутривенным болюсным контрастированием (табл. 2). Наиболее частыми областями исследований были головной мозг (35%), брюшная полость, забрюшинное пространство и малый таз (23%),

Структура КТ-исследований

Исследуемые органы и системы	Всего	Из них	
		с внутривенным контрастированием	с внутривенным болюсным контрастированием
Общее количество КТ-исследований	6 237 062	313 833 (5%)	869 428 (14%)
Головной мозг	2 170 785	96 109	91 042
Челюстно-лицевая область, височные кости	367 369	3 482	7 384
Область шеи, гортани и гортаноглотки	81 614	6 639	21 252
Органы грудной клетки	1 255 997	43 823	157 596
Сердце и коронарные сосуды	43 941	947	28 066
Органы брюшной полости (печень, селезенка, поджелудочная железа, надпочечники)	884 219	93 095	331 761
Почки и мочевыводящие пути	296 653	39 656	111 540
Органы малого таза	260 259	21 637	73 373
Позвоночник (шейный и грудной отделы)	238 939	949	3 077
Позвоночник (поясничный и крестцовый отделы)	328 212	1 490	1 049
Суставы конечностей	157 422	1 685	4 448
Прочие органы и системы	151 652	4 321	38 840

Таблица 3

Структура МРТ-исследований

Исследуемые органы и системы	Всего	Из них с внутривенным контрастированием
Общее количество МРТ-исследований	1 932 626	229 252 (11,8%)
Сердечно-сосудистая система	43 984	5 636
Легкие и средостение	1 571	381
Органы брюшной полости и забрюшинного пространства	102 669	24 349
Органы малого таза	89 941	25 374
Молочная железа	7 542	1 986
Головной мозг	853 695	128 221
Позвоночник и спинной мозг	581 901	25 757
Область «голова-шея»	55 348	7 535
Кости, суставы и мягкие ткани	151 615	5 289
Прочие органы и системы	44 360	4 724
Интервенционные вмешательства под МРТ-контролем	1 618	1 378

органы грудной полости (20%). За этот же период времени было проведено почти 2 млн МРТ, среди которых преобладали исследования области головного мозга (40%), а также позвоночника и спинного мозга (30%) (табл. 3). Следует отметить, что общее число МР-исследований может быть значительно больше, поскольку значительная часть этого оборудования сосредоточена в частных медицинских организациях. Динамично развивались и рентгенохирургические лечеб-

ные и диагностические процедуры (табл. 4).

Сравнение с экономически развитыми странами показывает, что в России проводится сопоставимое количество лучевых исследований на численность населения. Однако структура этих исследований существенно различается. Доля современных томографических технологий (КТ, МРТ, ОФЭКТ, АГ) ниже в 2–3 раза, в то время как доля УЗИ почти в 2,5 раза выше. Так, в РФ среднее число КТ-исследований

составляет 37 на 1000 населения, тогда как в странах Европейского союза – 96 на 1000 населения. Число МР-исследований в РФ составляет 11, а в странах ЕС – 46 на 1000 населения. Это отражает длительную нехватку высокотехнологичного томографического оборудования и недостаточно эффективное его использование там, где оно уже установлено [6]. Как следствие, дефицит томографических исследований на этапе уточняющей диагностики компенсируется рутинными рент-

Рентгенохирургические диагностические исследования и лечебные процедуры

Год	Рентгенохирургические внутрисосудистые вмешательства		Рентгенохирургические внесосудистые вмешательства	
	Диагностические	Лечебные	Диагностические	Лечебные
2016	597 251	289 144	132 225	264 958
2014	476 921	226 391	105 984	188 662
2012	374 428	144 959	97 074	104 514

генологических и УЗ-исследованиями.

Позитивные тенденции отмечаются в последние годы в структуре парка диагностического оборудования для лучевой диагностики. Прежде всего это обусловлено реализацией национальных проектов в области здравоохранения и введением в эксплуатацию большого количества нового оборудования. Однако эти процессы имеют существенные различия в отдельных технологиях. Так, в традиционной рентгенодиагностике происходит постепенная замена устаревшего аналогового оборудования на новое, как правило цифровое. Если в целом в рентгенодиагностике доля нового оборудования составляет 20%, то в части рентгенографии органов грудной полости достигает 80%. Для сравнения: общее количество УЗ-аппаратов за истекшие полтора десятилетия увеличилось в 2,5 раза и практически сравнялось с таковым рентгеновских аппаратов.

Аналогичная тенденция характерна и для рентгеновской компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Число аппаратов для КТ только за последние два года увеличилось на 10%, а аппаратов для МРТ – на 4%. Схожие процессы наблюдаются и в радионуклидной диагностике, что привело к заметному росту современных радиологических исследований, таких как ОФЭКТ, в том числе и в сочетании с КТ и ПЭТ/КТ. Несмотря на появление большого количества новых приборов, в медицин-

ских организациях по-прежнему отмечается недостаточная оснащенность медицинским оборудованием. Так, в странах ЕС среднее число КТ-аппаратов на 1 млн населения достигает 20, в то время как в нашей стране только 11, количество МР-сканеров составляет в среднем 10 и 4 соответственно [7]. Поэтому процесс модернизации не может считаться законченным, особенно применительно к региональным медицинским организациям среднего уровня.

Существенно изменилась структура парка оборудования для лучевой диагностики (табл. 5). Так, из общего числа КТ-аппаратов (1871) 44% составляют 16-срезовые и 21% – 64-срезовые аппараты. На долю односрезовых и пошаговых аппаратов сегодня приходится только 18% оборудования, и это в 2 раза меньше, чем в 2010 г. Аналогичная ситуация складывается и в области магнитного резонанса, где доля приборов (общее количество 663) с напряженностью магнитного поля в 1,5 Тл составляет почти 70% всего оборудования.

Очевидно, что быстрый рост количества аппаратов создает не только потенциальные возможности и открывает новые перспективы в лечебно-диагностическом процессе. Введение в эксплуатацию нового оборудования, тем более в таком беспрецедентном масштабе, выявило слабые звенья в организации системы здравоохранения. В частности, трудности введения в эксплуатацию новых приборов из-за бюрократических барьеров там, где

это связано с ионизирующим излучением, поспешная и недостаточная для эксплуатации высокотехнологичного оборудования подготовка кадров. В результате на новых аппаратах не проводятся сложные диагностические исследования или эти исследования искусственно концентрируются в региональных центрах, в то время как в муниципальных учреждениях это оборудование фактически простаивает. Важнейшим фактором становится полное отсутствие материальной заинтересованности не только персонала, но и самой медицинской организации в проведении сложных дорогостоящих лучевых исследований. Именно в этом заключается причина их отсутствия в большинстве муниципальных амбулаторно-поликлинических организаций.

Отражением этих негативных тенденций является недостаточный уровень высокотехнологичных томографических исследований. Так, в общей структуре КТ-исследований доля исследований сердца и сосудов не превышает 1,5%, причем половина этих исследований проводится без внутривенного контрастирования. Только 19% от всех КТ-исследований выполняются с использованием внутривенного контрастирования (см. табл. 2, 3). Причем даже при исследованиях области живота и таза этот показатель не превышает 50%, что вообще ставит под сомнение их целесообразность. Вместе с тем следует отметить, что за последние 6 лет доля контрастных исследований в компьютерной то-

**Динамика структуры парка рентгеновских компьютерных
и магнитно-резонансных томографов**

Аппараты	2010 г.	2012 г.	2014 г.	2016 г.
Компьютерные томографы, всего	982	1301	1754	1871
пошаговые	137	103	60	45
спиральные односрезовые	156	130	106	78
спиральные многосрезовые	426	1034	1556	1733
< 16 срезов	–	200	228	196
16 срезов	–	517	760	868
32–64 среза	174	240	357	385
128 срезов	–	87	180	220
> 128 срезов	–	24	50	59
МР-томографы, всего	358	597	639	663
до 0,5 Тл	163	145	143	121
из них с постоянным магнитом	–	42	66	67
1,0 Тл	30	25	24	20
1,5 Тл	172	249	419	481
3,0 Тл	21	28	32	38
> 3,0 Тл	–	1	1	3

мографии увеличилась с 14 до 19%, что, конечно, является позитивным результатом. Несмотря на абсолютное преобладание высокопольных приборов (1,5 Тл), в структуре МР-исследований по-прежнему абсолютно доминируют сканирования головного мозга и позвоночника, а на все оставшиеся области приходится не более 20%. Доля контрастных исследований не превышает 11%, и тенденции к ее увеличению за последние 5 лет не наблюдаются.

Значительную долю всех лучевых исследований по-прежнему составляют профилактические рентгенологические исследования. В 2016 г. было проведено 74 млн исследований органов грудной полости (этот показатель не изменился за последние два года) и 6,3 млн маммографий (6,1 млн в 2014 г.). Важно, что более 80% всех профилактических рентгенографий легких и почти 30% всех профилактических маммографий проводятся сегодня на цифровых аппаратах, что позволяет повысить качество и информативность самих исследований, использовать

преимущества централизованных архивов диагностических изображений и передачу их по телемедицинским сетям. Такой опыт уже накоплен в ряде регионов России.

Таким образом, лучевая диагностика представляет собой быстро развивающуюся отрасль медицины, в основе которой лежат современные наукоемкие технологии. Значительный объем информации о состоянии внутренних органов, получаемый с использованием современных диагностических технологий, позволяет предельно точно определить характер патологических изменений внутренних органов. Не менее важна их уникальная возможность выявлять заболевания на доклиническом бессимптомном этапе течения, а также эффективно лечить значительную их часть с помощью современных методов интервенционной радиологии. Разумное сочетание новых технологий и правильной организации диагностического процесса позволит в ближайшей перспективе существенно повысить эффективность использования интел-

лектуального и технического потенциала.

Произошедшие за последние годы технологические изменения привели к ускоренному росту числа исследований и постепенному изменению их структуры. Вместе с тем сохраняется кадровый дефицит, очевидно недостаточно эффективное использование высокотехнологичного оборудования, медленно растет число сложных дорогостоящих диагностических исследований. Для решения этих проблем необходимыми условиями являются совершенствование системы профессиональной подготовки врачей и лаборантов, внедрение новых форм организации диагностических исследований и функционирования диагностических подразделений, внедрение современных стандартов проведения лучевых исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Форма федерального статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации» за 2016 г.
2. Здоровоохранение в России. 2015: Статистический сборник. М.: Росстат; 2015.
3. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 26 декабря 2011 г. № 1644н «О внесении изменений в Квалификационные требования к специалистам с высшим и послевузовским медицинским и фармацевтическим образованием в сфере здравоохранения, утвержденные приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 415н».
4. Щепин В.О. К вопросу о кадровом обеспечении подразделений лучевой диагностики. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2014; 5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-kadrovom-obespechenii-podrazdeleniy-luchevoy-diagnostiki> (дата обращения 22.08.2017).

5. Здоровоохранение: современное состояние и возможные сценарии развития. В кн.: Материалы XVIII апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества. М.: Высшая школа экономики; 2017.
6. Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации в 2014 г. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2015; 6: 56–63.
7. http://www.oecd-ilibrary.org/fr/social-issues-migration-health/health-equipment/indicator-group/english_2dde6c4b-en (accessed 22 August 2017).

References

1. Form of Federal statistical observation 30 “Information on medical organization” for year 2016 (in Russ.).
2. Health care in Russia. 2015: A collection of articles. Moscow: Rosstat; 2015 (in Russ.).
3. Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation from December 26, 2011 № 1644n “About modification of Qualifying requirements to specialists with higher and postgraduate medical and pharmaceutical education in

- the health sector, approved by order of Ministry of health and social development of the Russian Federation of 7 July 2009 № 415n” (in Russ.).
4. Shchepin V.O. On the issue of staffing the departments of radiology. *Problemy Sotsial'noy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny (Problems of Social Hygiene, Healthcare and History of Medicine, Russian journal)*. 2014; 5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-kadrovom-obespechenii-podrazdeleniy-luchevoy-diagnostiki> (accessed 22 August 2017).
5. Health: current status and possible scenarios of development. In: Proceedings of the XVIII April International scientific conference on development of economy and society. Moscow: Vysshaya shkola ekonomiki; 2017 (in Russ.).
6. Tyurin I.E. Radiology in the Russian Federation in 2014. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2015; 6: 56–63 (in Russ.).
7. http://www.oecd-ilibrary.org/fr/social-issues-migration-health/health-equipment/indicator-group/english_2dde6c4b-en (accessed 22 August 2017).

Поступила 23.06.2017

Принята к печати 27.07.2017