

Вестник рентгенологии и радиологии Russian Journal of Radiology

Научно-практический журнал
Выходит 1 раз в два месяца

Основан в 1920 году

Журнал входит в Перечень периодических научно-практических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в котором рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора медицинских наук

Журнал индексируется: Web of Science, Index Medicus, Sciverse Scopus, Medline

Сайт журнала: rusradiology.ru

Главный редактор д. м. н., профессор **А.П. Савченко**
И.о. главного редактора д. м. н., профессор **И.Е. Тюрин**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д. м. н., профессор **С.А. Абугов** (заместитель главного редактора, Москва);
д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **Б.Г. Алесян** (Москва);
д. м. н., профессор **Я.С. Бабий** (Киев, Украина); 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 **Е.Б. Ольхова** (Москва); д. м. н., профессор **А.Г. Осиев** (Новосибирск); 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 Европейского конгресса радиологов **В.Е. Силицын** (заместитель главного редактора, Москва); д. м. н., профессор, чл.-корр. Российской академии наук **В.А. Солодкий** (Москва); д. м. н., профессор, акад. Российской академии наук **С.К. Терновой** (1-й заместитель главного редактора, Москва);
д. м. н., профессор **И.Е. Тюрин** (заместитель главного редактора, Москва);
д. м. н., профессор **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)

6 ноябрь–декабрь 2014

Vestnik rentgenologii i radiologii

Russian Journal of Radiology

Scientific and practical journal

Issued once in two months

Founded in 1920

The journal is indexed: Web of Science, Index Medicus, Sciverse Scopus, Medline

Magazine site: rusradiology.ru

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

Acting Editor-in-Chief MD, Professor **I.E. Tyurin**

EDITORIAL BOARD

MD, Professor **S.A. Abugov** (deputy editor, Moscow); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **B.G. Alekhanov** (Moscow); MD, Professor **Ya.S. Babiy** (Kiev, Ukraine); 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 **E.B. Ol'khova** (Moscow); MD, Professor **A.G. Osiev** (Novosibirsk); 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 the European Congress of Radiology **V.E. Sinitsyn** (deputy editor, Moscow); MD, Professor, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences **V.A. Solodkiy** (Moscow); MD, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences **S.K. Ternovoy** (1st deputy editor, Moscow); MD, Professor **I.E. Tyurin** (deputy editor, Moscow); MD, Professor **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)

6 November–December 2014

**Глушко А.В., Дробышев А.Ю.,
Гордина Г.С., Серова Н.С.**
Анализ изменения положения
подъязычной кости
при перемещении нижней челюсти
у пациентов с аномалиями развития
зубочелюстной системы

**Синеглазова А.В., Агеева О.В.,
Суспицын А.Е.**
Взаимосвязь структурно-
функциональных параметров сердца,
сократимости миокарда левого
желудочка и коронарного
атеросклероза у больных
сахарным диабетом 2 типа

**Михайлов А.И., Панов В.О.,
Тюрин И.Е.**
Оптимизация протокола магнитно-
резонансной томографии всего тела
для стадирования лимфомы
Ходжкина

**Алиакпаров М.Т., Абишев Б.Х.,
Тажибаев Д.М., Питель Е.С.**
Результаты эмболизации маточных
артерий в лечении симптомной
миомы матки

**Скупченко А.В., Лысенко А.В.,
Королев Д.Г., Скобельцов Д.А.,
Рассудишкин А.С.**
Химиоэмболизация
нерезектабельных метастазов
колоректального рака в печень
микросферами с лекарственным
покрытием

**Соломяный В.В., Сергиенко И.В.,
Самко А.Н.**
Количественная оценка
гемодинамической значимости
пограничных стенозов коронарных
артерий методом однофотонной
эмиссионной компьютерной
томографии миокарда с коррекцией
поглощения излучения в сравнении
с фракционным резервом кровотока

5
**Glushko A.V., Drobyshev A.Yu.,
Gordina G.S., Serova N.S.**
Analysis of a change in the position
of the hyoid bone when displacing
the lower jaw in patients
with dentofacial malformations

13
**Sineglazova A.V., Ageeva O.V.,
Suspitsyn A.E.**
A relationship between cardiac
structural and functional parameters,
left ventricular contractility,
and coronary atherosclerosis
in patients with type 2 diabetes
mellitus

18
**Mikhaylov A.I., Panov V.O.,
Tyurin I.E.**
Optimization of a whole-body
magnetic resonance imaging
protocol for Hodgkin lymphoma
staging

29
**Aliakparov M.T., Abishev B.Kh.,
Tazhibaev D.M., Pitel' E.S.**
Results of uterine artery embolization
in the treatment of symptomatic
uterine myoma

33
**Skupchenko A.V., Lysenko A.V.,
Korolev D.G., Skobel'tsov D.A.,
Rassudishkin A.S.**
Chemoembolization
for unresectable colorectal
liver metastases with drug-eluting
microspheres

39
**Solomyanny V.V., Sergienko I.V.,
Samko A.N.**
Quantitative assessment
of the hemodynamic relevance
of borderline coronary stenoses
by myocardial single-photon
emission computed tomography
with radiation absorption
correction versus fractional flow
reserve

В помощь практикующему врачу

**Синицын В.Е., Комарова М.А.,
Мершина Е.А.**

Структурированные протоколы
описания в лучевой диагностике

Обзоры литературы

**Станжевский А.А., Панфиленко А.Ф.,
Тютин Л.А., Илющенко Ю.Р.**

Роль позитронной эмиссионной
томографии в оценке гемодинамики
опухолей головного мозга

Юбилей

**Солодкий В.А., Цаллагова З.С.,
Нуднов Н.В.**

Российский научный центр
рентгенорадиологии: вчера, сегодня,
завтра (нам – 90)

Хроника

Отчет о проведении Конгресса
Российской ассоциации радиологов

Академику РАН С.К. Терновому
присвоено звание

«Заслуженный деятель науки
Российской Федерации»

Правила для авторов

47

53

62

66

68

69

Guidelines for the Practitioner

**Sinitsyn V.E., Komarova M.A.,
Mershina E.A.**

Structured radiology reports

Reviews of Literature

**Stanzhevskiy A.A., Panfilenko A.F.,
Tyutin L.A., Ilyushchenko Yu.R.**

Role of positron emission tomography
in the hemodynamic evaluation
of brain tumors

Anniversary

**Solodkiy V.A., Tsallagova Z.S.,
Nudnov N.V.**

The Russian X-Radiology Research
Center: yesterday, today and tomorrow
(90 to us)

Chronicle

Report on the Congress of the Russian
association of radiologists

Honored Scientist of the Russian Fede-
ration conferred upon S.K. Ternovoy,
Academician of the Russian Academy
of Sciences

Instructions for authors

Журнал «ВЕСТНИК РЕНТГЕНОЛОГИИ И РАДИОЛОГИИ»
Зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации
Регистрационный номер 0110962
Полная версия статей размещается на сайте электронной библиотеки **e-library.ru**

Адрес редакции: 121552, Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15 а,
корпус 4, каб. 332
ФГБУ «РКНПК» Министерства здравоохранения РФ
Телефоны: 8 (495) 414-62-94, 8 (916) 547-50-96
E-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Подписной индекс в каталоге «Роспечать»:
71486 – для индивидуальных подписчиков, предприятий и организаций
81601 и 81602 – в объединенном каталоге «Пресса России. Газеты и журналы»

© Общество с ограниченной ответственностью «Лучевая диагностика»

Литературный редактор, корректор Антонова И.В.
Компьютерная верстка и графическая обработка материала Матвеева Е.Н., Слыш О.В., Тарасова М.А.
Номер подписан в печать 16.12.2014
Формат 60×88 1/8; Печ. л. 9,0; Усл. печ. л. 8,8; Уч.-изд. л. 8,65
Сверстано и отпечатано в ФГБНУ «НЦССХ им. А.Н. Бакулева»
119049, Москва, Ленинский проспект, д. 8
т. 8-499-236-92-87

Анализ изменения положения подъязычной кости при перемещении нижней челюсти у пациентов с аномалиями развития зубочелюстной системы

А.В. Глушко¹, к. м. н., ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии, пластический и челюстно-лицевой хирург;

А.Ю. Дробышев¹, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии;

Г.С. Гордина², мл. науч. сотр., рентгенолог;

Н.С. Серова², д. м. н., профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, заведующая отделом, заместитель директора по научной и инновационной деятельности НОКЦ

¹ ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ, ул. Вучетича, 9а, Москва, 127206, Российская Федерация;

² Научно-образовательный клинический центр «Гибридных технологий лучевой медицины» ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения РФ, ул. Б. Пироговская, 6, стр. 1, Москва, 119435, Российская Федерация

Analysis of a change in the position of the hyoid bone when displacing the lower jaw in patients with dentofacial malformations

A.V. Glushko¹, MD, PhD, Assistant of Department of Maxillofacial Surgery, Plastic and Maxillofacial Surgeon;

A.Yu. Drobyshev¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Department of Maxillofacial Surgery;

G.S. Gordina², Junior Research Associate, Radiologist;

N.S. Serova², MD, PhD, DSc, Professor of Department of Beam Diagnostics and Radiotherapy Medical Faculty of I.M. Sechenov First MSMU, Head of Department, Deputy Director for Research and Innovation of Research Department

¹ A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Ministry of Health of the RF, ul. Vucheticha, 9a, Moscow, 127206, Russian Federation;

² Research Department "Hybrid technology of radiation medicine", I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the RF, ul. Bol'shaya Pirogovskaya, 6, stroenie 1, Moscow, 119435, Russian Federation

Цель исследования – оценить степень изменения положения подъязычной кости при перемещении нижней челюсти в ходе хирургического лечения пациентов с аномалиями развития зубочелюстной системы.

Материал и методы. Проведено обследование и лечение 50 пациентов с аномалиями развития зубочелюстной системы (25 пациентов были с дистальной окклюзией и 25 – с мезиальной). Всем пациентам до и через 6 мес после операции проведена многосрезовая компьютерная томография. Авторами разработаны линейные величины для анализа положения подъязычной кости относительно основания черепа и шейного отдела позвоночного столба. Был использован парный критерий знаковых рангов Вилкоксона.

Результаты. Ни в одной из исследуемых групп не отмечено статистически значимого изменения расстояния от тела подъязычной кости до позвоночного столба, что указывает на незначительное изменение данной величины. Не было выявлено ни одного случая ухудшения функции дыхания.

Заключение. По данным проведенного исследования было выявлено, что при перемещении нижней челюсти в ходе ортогнатической операции не происходит критического изменения положения подъязычной кости и, как следствие, нет значимого влияния на проходимость верхних дыхательных путей в данной области.

Objective. To estimate the magnitude of a change in the position of the hyoid bone when displacing the lower jaw during surgical treatment in patients with dentofacial abnormalities.

Material and methods. Fifty patients with dentofacial abnormalities (25 and 25 patients with distal and mesial occlusion, respectively) were examined and treated. All the patients underwent multislice spiral computed tomography before and 6 months after surgery. The authors developed linear quantities to analyze the position of the hyoid bone with respect to the skull base and cervical spine. The paired Wilcoxon signed-rank test was used.

Results. None of the examined groups was noted to have a statistically significant change in the distance between the basihyoid and the vertebral column, suggesting that the datum was moderately changed. No case of worse respiratory function was found.

Conclusion. Our investigation has revealed that mandible displacement during orthognathic surgery causes no critical change in the position of the hyoid bone and hence it has no significant impact on upper airway patency in this area.

Ключевые слова: ортогнатическая хирургия, остеотомия нижней челюсти, положение подъязычной кости, зубочелюстные аномалии, компьютерная томография
Index terms: orthognathic surgery, mandible osteotomy, position of the hyoid bone, dentofacial abnormalities, computed tomography

Введение

Важным аспектом ортогнатической хирургии являются скелетные и, как следствие, мягкотканые перемещения, что оказывает влияние на размеры носовой и ротоглоточной пространств [1–5]. В своих работах ряд авторов выявили уменьшение размеров верхних воздушных путей после перемещения нижней челюсти кзади [6–8]. Другие авторы отметили, что двучелюстные операции, проводимые с целью коррекции аномалии зубочелюстной системы III класса (перемещение верхней челюсти кпереди, нижней – кзади), могут оказывать менее значительный эффект на уменьшение воздушного пространства носовой и ротоглотки, нежели только изолированное перемещение нижней челюсти кзади [5, 6, 9]. Есть работы, в которых представлены случаи увеличения ротоглоточного воздушного пространства за счет выдвижения верхней челюсти кпереди [5, 8, 10].

Один из основных вопросов, возникающих в связи с изменением воздушного пространства носовой и ротоглотки при проведении ортогнатических операций, заключается в последующем качестве сна пациентов, особенно старшей возрастной группы [1, 5, 6].

В исследованиях R.W. Riley et al. (1986 г.), посвященных II фазе (различные челюстно-лицевые и ортогнатические вмешательства, затрагивающие костные структуры) хирургического лечения пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна, было показано, что перемещение верхней и нижней челюстей на 10 мм кпереди приводило к положительным результатам в 97% случаев – при несостоятельности ранее применяемых методик I фазы (хирургические методики на мягких тканях) хирургического лечения и в 91% случаев – у первичных пациентов без каких-либо ранее проводимых хирургических вмешательств [10].

В. Yi et al. в 1999 г. [11] выявили улучшение состояния па-

циентов после проведения выдвижения нижней челюсти кпереди, J. Holtz и C. Guilleminault в 2009 г. [12] подтвердили положительные результаты при выдвижении обеих (верхней и нижней) челюстей кпереди, а N. Samman, S. Tang, J. Xia в 2002 г. [13] выявили частичное ухудшение состояния пациентов после проведенных операций по перемещению нижней челюсти кзади.

О. Guven и U. Saracoglu в 2005 г. [8] провели обследование 30 пациентов с прогнатией нижней челюсти, из которых 15 проводилась двусторонняя остеотомия тела нижней челюсти, 15 – двусторонняя межкортикальная расщепляющая остеотомия нижней челюсти. Результатом работы стал вывод, что после перемещения нижней челюсти кзади происходит незначительное смещение подъязычной кости кзади и книзу, но в отдаленном периоде за счет мышечной адаптации отмечалось её возвращение на прежнее место. Авторы выявили незначительное уменьшение величины воздушного пространства на данном уровне в переднезаднем направлении. Ухудшения функции дыхания обнаружено не было.

Цель нашего исследования – оценить степень изменения положения подъязычной кости при

перемещении нижней челюсти в ходе хирургического лечения пациентов с аномалиями развития зубочелюстной системы.

Материал и методы

Проведено обследование и лечение 50 пациентов с аномалиями развития зубочелюстной системы – у 25 пациентов была дистальная окклюзия, у 25 – мезиальная окклюзия. Всем пациентам проведена многосрезовая компьютерная томография (КТ) на аппарате Toshiba Aquilion ONE, количество рядов детекторов составило 320, толщина среза – 0,5 мм. КТ выполняли в спиральном (неограниченная зона исследования) и объемном (зона исследования не более 16 см за один оборот трубки) режимах с костной (толщина среза 0,5 мм) и мягкой тканью (толщина среза 1 мм) реконструкциями. Данные КТ использовались для построения линейных величин и расчета их изменений.

Нами были разработаны линейные величины для характеристики изменения положения подъязычной кости (рис. 1) относительно основания черепа и шейного отдела позвоночного столба. Для выявления и оценки степени изменения положения подъязычной кости был использован парный критерий знаковых

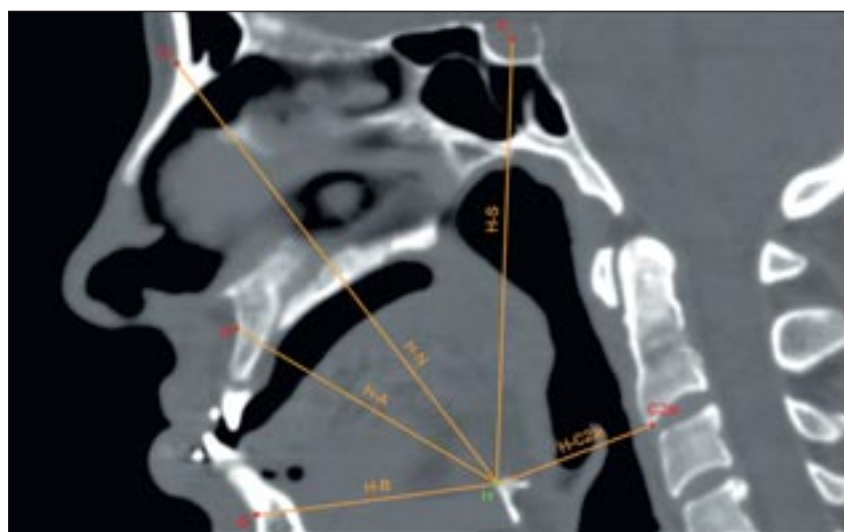


Рис. 1. Компьютерная томограмма. Мультипланарная реконструкция (MPR). Косоугловая проекция. Линейные измерения, характеризующие положение подъязычной кости.

Таблица 1

Линейные величины между скелетными точками

Группа	Обозначение	Расстояние, мм
Положение подъязычной кости	H-B	Между телом подъязычной кости (H) и передней точкой апикального базиса нижней челюсти (B)
	H-A	Между телом подъязычной кости (H) и передней точкой апикального базиса верхней челюсти (A)
	H-N	Между телом подъязычной кости (H) и точкой на переднем крае носолобного шва (N)
	H-S	Между телом подъязычной кости (H) и центральной точкой турецкого седла клиновидной кости (S)
	H-C2ai	Между телом подъязычной кости (H) и нижней точкой переднего края тела второго шейного позвонка (C2ai)

Таблица 2

Описание статистических значений по исследуемым величинам до и после операции

Показатель	Пациенты со II классом аномалии					Пациенты с III классом аномалии				
	Среднее	Медиана	Станд. отклон.	Минимум	Максимум	Среднее	Медиана	Станд. отклон.	Минимум	Максимум
H-B										
до	43,92	45,50	8,55	30,00	53,30	47,35	48,25	5,06	37,70	58,30
после	48,49	48,65	6,88	40,30	57,20	45,97	45,40	4,37	39,80	52,90
H-A										
до	78,66	80,30	6,97	67,90	88,20	66,33	65,60	7,61	53,60	85,10
после	77,00	76,65	5,19	68,60	85,30	69,87	69,90	7,16	58,20	83,70
H-N										
до	126,91	128,45	8,08	109,50	136,10	114,05	113,55	9,10	98,20	137,80
после	118,63	121,15	8,46	103,90	132,00	115,10	114,95	8,24	99,10	136,00
H-S										
до	106,05	107,80	8,67	93,30	119,30	98,60	97,75	8,41	86,50	118,60
после	99,60	100,05	8,40	86,10	109,70	99,31	96,45	9,45	86,00	124,70
H-C2ai										
до	36,83	37,25	4,41	31,00	43,60	36,96	37,80	3,57	30,20	44,00
после	36,22	36,00	5,87	28,70	47,10	37,18	37,45	4,60	29,00	46,60

рангов Вилкоксона для 5 линейных величин, которые представлены в таблице 1.

Для проведения статистического анализа в работе использовались специализированные методы и программное обеспечение компании IBM — SPSS Statistics 2. Все данные были сопоставлены и проанализированы.

Для оценки изменения показателей в зависимости от класса аномалии используется критерий Манна–Уитни. В качестве иллюстрации полученных выводов используются ящичные диаграммы. Для оценки (выявления) взаимосвязи изменений показателей используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты

В таблице 2 представлено описание статистических значений по исследуемым величинам.

В результате проведенного статистического анализа данных было выявлено, что у пациентов со II классом аномалии зубочелюстной системы при перемещении нижней челюсти происходит статистически значимое изменение величин H-B, H-N и H-S (табл. 3). Изменение величины H-B на 6,92% является положительным и указывает на увеличение расстояния между телом подъязычной кости и телом нижней челюсти при перемещении последней вперед. Изменение величин H-N на -5,68% и H-S на -7,19% характеризуется

отрицательным значением величин, указывая на уменьшение расстояния и, следовательно, на смещение подъязычной кости вверх.

Стоит отметить, что величина H-C2ai (отношение подъязычной кости к позвоночному столбу) является статистически незначимой и, следовательно, никаких значимых ее изменений не происходит, а перемещение подъязычной кости вверх имеет маятникообразный характер относительно данной величины. Таким образом, при перемещении нижней челюсти изменения положения подъязычной кости в горизонтальном направлении практически не происходит, а изменение величины H-B характе-

Таблица 3

Оценка степени изменения положения подъязычной кости у пациентов со II классом аномалии зубочелюстной системы до и после операции

Показатель	Медиана «до», мм	Медиана «после», мм	Абсолютное изменение по сравнению с «до», мм	Относит. изменение по сравнению с «до», %	Статистическая значимость (p)	Вывод
H-B	45,50	48,65	3,15	6,92	0,004	Значения «после» существенно выше, чем «до»
H-A	80,30	76,65	-3,65	-4,55	0,242	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено
H-N	128,45	121,15	-7,30	-5,68	0,002	Значения «после» существенно ниже, чем «до»
H-S	107,80	100,05	-7,75	-7,19	0,002	Значения «после» существенно ниже, чем «до»
H-C2ai	37,25	36,00	-1,25	-3,36	0,541	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено

Таблица 4

Оценка степени изменения положения подъязычной кости у пациентов с III классом аномалии зубочелюстной системы до и после операции

Показатель	Медиана «до», мм	Медиана «после», мм	Абсолютное изменение по сравнению с «до», мм	Относительное изменение по сравнению с «до», %	Статистическая значимость (p)	Вывод
H-B	48,25	45,40	-2,85	-5,91	0,587	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено
H-A	65,60	69,90	4,30	6,55	0,013	Значения «после» существенно выше, чем «до»
H-N	113,55	114,95	1,40	1,23	0,184	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено
H-S	97,75	96,45	-1,30	-1,33	0,560	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено
H-C2ai	37,80	37,45	-0,35	-0,93	0,952	Существенных различий между значениями «до» и «после» не обнаружено

ризуется перераспределением мягких тканей дна полости рта.

Отсутствие статистически значимого изменения величины H-A обусловлено ротационным перемещением верхней челюсти кверху в ходе двучелюстной операции, что является причиной отсутствия значимого изменения расстояния между телом подъязычной кости и телом верхней челюсти.

У пациентов с III классом аномалии зубочелюстной системы отмечается статистически значимое изменение только одной величины — H-A (6,55%). Изменение величины носит положительный характер, что ука-

зывает на увеличение расстояния между подъязычной костью и телом верхней челюсти. Это обусловлено в меньшей степени перемещением нижней челюсти кзади, а в большей степени — перемещением верхней челюсти кверху и кпереди (табл. 4).

Для оценки различий в изменении положения подъязычной кости при перемещении нижней челюсти между группами пациентов со II и III классами аномалии зубочелюстной системы использовался критерий Манна–Уитни (табл. 5).

По данным статистического анализа двух групп пациентов можно отметить, что статистиче-

ски значимыми являются изменения всех исследуемых величин (рис. 2, 3), кроме одной — H-C2ai. Это обусловлено особенностями анатомического строения области, находящейся в пределах исследуемой величины H-C2ai.

Анализ взаимосвязи положения нижней челюсти и подъязычной кости

Для выявления и оценки имеющейся взаимосвязи изменения величин, характеризующих положение подъязычной кости при перемещении нижней челюсти, был использован коэффициент корреляции Спирмена для

Таблица 5

Оценка различий в изменении положения подъязычной кости до и после хирургического лечения между группами пациентов со II и III классами аномалии зубочелюстной системы

Изменение показателя	Медиана изменений для II класса, мм	Медиана изменений для III класса, мм	Отличие медианы III класса от II класса, мм	Статистическая значимость (p)	Вывод
ΔН-В	3,60	0,05	-3,55	0,002	Изменения для пациентов со II классом аномалии существенно отличаются от изменений для пациентов с III классом аномалии
ΔН-А	-1,00	4,05	5,05	0,009	Изменения для пациентов со II классом аномалии существенно отличаются от изменений для пациентов с III классом аномалии
ΔН-Н	-7,55	0,80	8,35	0,000	Изменения для пациентов со II классом аномалии существенно отличаются от изменений для пациентов с III классом аномалии
ΔН-S	-6,40	1,05	7,45	0,000	Изменения для пациентов со II классом аномалии существенно отличаются от изменений для пациентов с III классом аномалии
ΔН-C2ai	-1,30	-0,15	1,15	0,566	Изменение показателя не зависит от класса аномалии

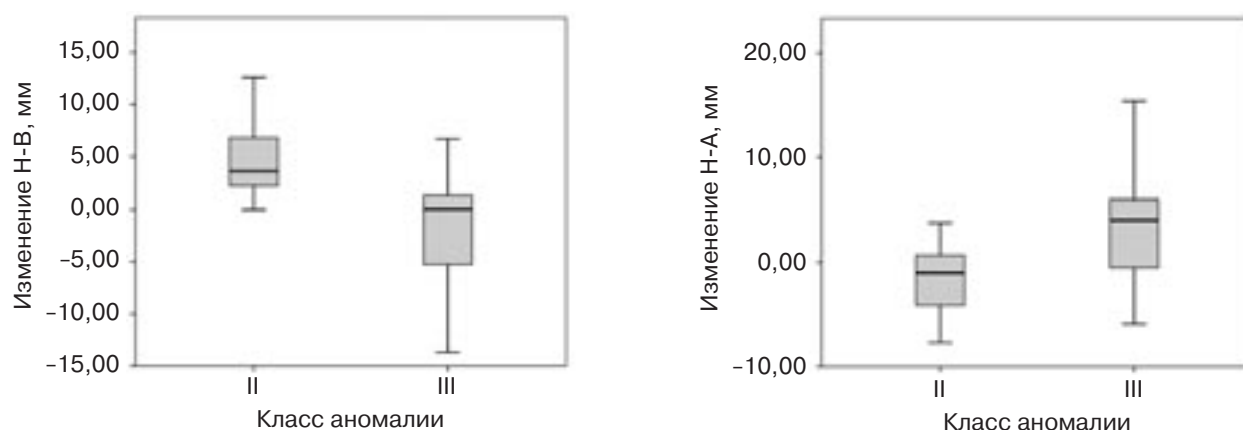


Рис. 2. Корреляция степени изменения величин Н-В (мм) и Н-А (мм) между группами пациентов со II и III классами зубочелюстной аномалии (различия являются статистически значимыми).

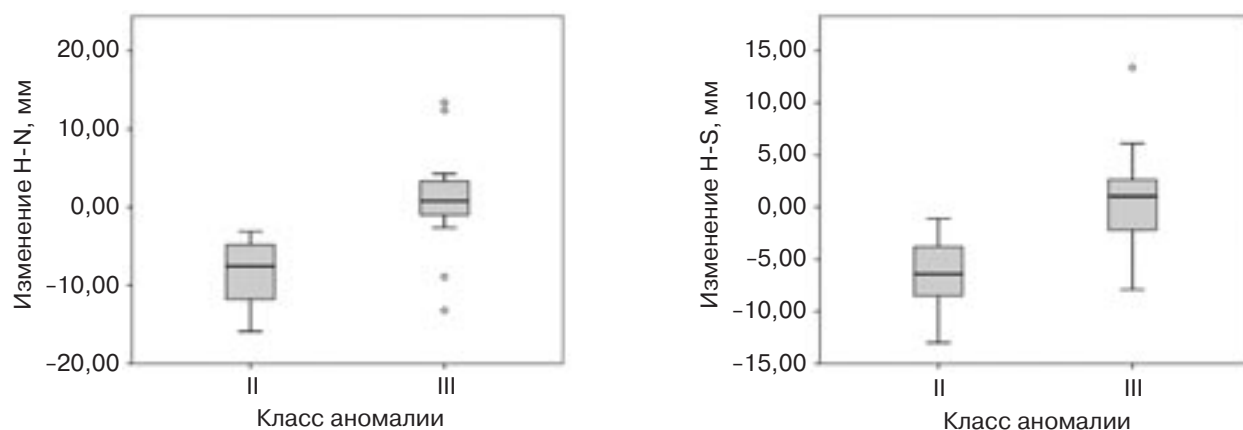


Рис. 3. Корреляция степени изменения величин Н-Н (мм) и Н-S (мм) между группами пациентов со II и III классами зубочелюстной аномалии (различия являются статистически значимыми).

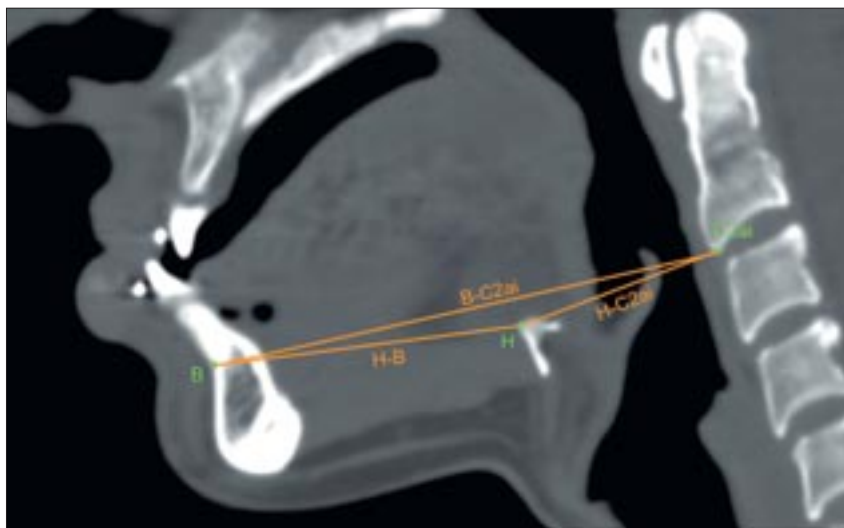


Рис. 4. Компьютерная томограмма. МРР. Кососагиттальная проекция. Линейные измерения для проведения анализа взаимосвязи изменения положения подъязычной кости при перемещении нижней челюсти.

3 линейных величин (рис. 4): В-С2аі (расстояние между передней точкой апикального базиса нижней челюсти (В) и нижней точкой переднего края тела второго шейного позвонка (С2аі)

(табл. 6), Н-В (расстояние между телом подъязычной кости (Н) и передней точкой апикального базиса нижней челюсти (В) и Н-С2аі (расстояние между телом подъязычной кости (Н) и нижней

точкой переднего края тела второго шейного позвонка (С2аі).

Выполнен анализ взаимосвязи изменений величины В-С2аі (мм) с изменением Н-В (мм) и Н-С2аі (мм) с целью выявления какой-либо зависимости.

При проведении статистического анализа было выявлено, что у пациентов со II классом аномалии зубочелюстной системы при перемещении нижней челюсти отсутствует статистически значимая корреляция по исследуемым величинам между изменением положения подъязычной кости по отношению к телу нижней челюсти и перемещением нижней челюсти (табл. 7).

На основании данных об изменении В-С2аі и Н-В можно отметить, что обе величины по отдельности в ходе хирургического лечения изменяются весьма значительно, но отсутствие статистической корреляции между ними указывает на то, что между измене-

Таблица 6

Описание статистических значений по исследуемым величинам В-С2аі до и после операции

Показатель	Пациенты со II классом аномалии					Пациенты с III классом аномалии				
	Среднее	Медиана	Станд. отклон.	Минимум	Максимум	Среднее	Медиана	Станд. отклон.	Минимум	Максимум
В-С2аі до	70,53	71,00	8,05	56,90	79,30	79,14	78,70	5,36	70,20	91,60
после	78,92	79,15	5,84	67,50	87,40	75,65	75,85	4,92	68,80	83,10

Таблица 7

Оценка степени изменения положения подъязычной кости у пациентов со II и III классами зубочелюстной аномалии

Класс аномалии	Изменение Н-В в мм	Вывод	Изменение Н-С2аі в мм	Вывод
II изменение В-С2аі в мм коэффициент корреляции Спирмена количество данных	0,480 19	Значимой связи между изменением В-С2аі и изменением Н-В для пациентов со II классом аномалии не обнаружено	0,000 19	Значимой связи между изменением В-С2аі и изменением Н-В для пациентов со II классом аномалии не обнаружено
III изменение В-С2аі в мм коэффициент корреляции Спирмена количество данных	0,836 31	Для пациентов с III классом аномалии связь между изменением В-С2аі и изменением Н-В прямая, высокая	-0,156 31	Значимой связи между изменением В-С2аі и изменением Н-В для пациентов с III классом аномалии не обнаружено

ниями этих двух величин нет прямой зависимости и что степень изменения величины Н-В характеризуется не только изменением величины В-С2аі, но и В-Н. Иными словами, изменение величины Н-В у данной группы пациентов зависит от комплексного перемещения нижней челюсти как в вертикальном (В-С2аі), так и в горизонтальном (В-Н) направлениях с элементами ротации.

Статистически значимой корреляции между величинами В-С2аі и Н-С2аі не обнаружено, что является следствием отсутствия статистически значимого изменения величины Н-С2аі.

У пациентов с III классом аномалии зубочелюстной системы выявлена статистическая корреляция величин В-С2аі и Н-В (рис. 5), это указывает на имеющееся перераспределение мягких тканей дна полости рта, которое напрямую зависит от степени перемещения нижней челюсти в горизонтальном направлении при хирургическом лечении. Взаимосвязь изменения величин В-С2аі и Н-С2аі также остается статистически незначимой, что обусловлено незначительным перемещением подъязычной кости по отношению к позвоночному столбу (особенности анатомического строения).

Обсуждение

Изменение положения подъязычной кости обусловлено особенностями анатомического строения этой области. По нашим данным, у пациентов со II классом аномалии развития зубочелюстной системы отмечается статистически значимое смещение подъязычной кости кверху, что обусловлено характером перемещения нижней челюсти — тракция кверху и кпереди с ротацией. Также выявлено увеличение значения величины между телом нижней челюсти и телом подъязычной кости, но статистической корреляции между степенью изменения данной величины и степенью перемещения нижней челюсти не обнаружено. Таким

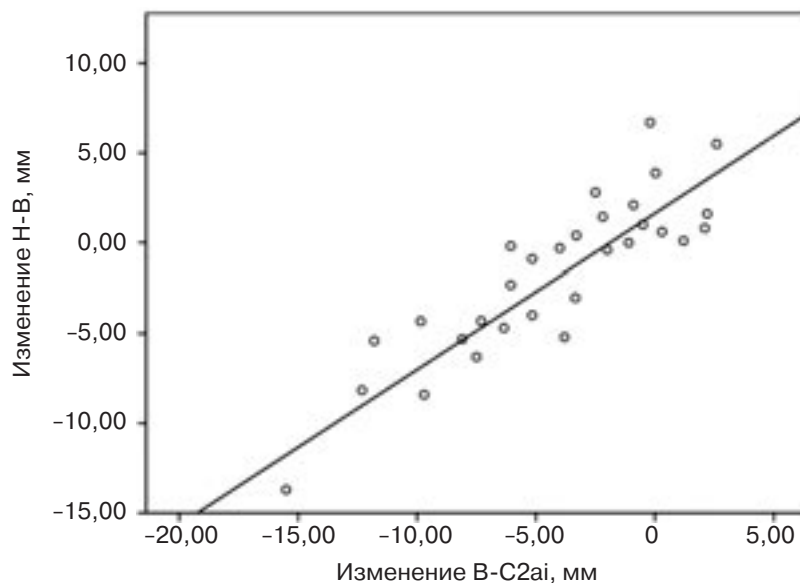


Рис. 5. Корреляция взаимосвязи показателей Н-В (мм) и В-С2аі (мм) для пациентов с III классом зубочелюстной аномалии (связь является статистически значимой).

образом, изменение положения подъязычной кости у пациентов со II классом определяется комплексным перемещением нижней челюсти в горизонтальном и вертикальном направлениях, а статистически значимого влияния на размеры воздушного пространства в данной проекции отмечено не было.

У пациентов с III классом аномалии развития зубочелюстной системы было выявлено статистически значимое увеличение расстояния от тела подъязычной кости до тела верхней челюсти, что обусловлено в большей степени значительным перемещением нижней челюсти кзади. Также была обнаружена статистическая корреляция между расстоянием от апикального базиса нижней челюсти до второго шейного позвонка и расстоянием от апикального базиса нижней челюсти до тела подъязычной кости. Важно отметить, что ни в одной из исследуемых групп не наблюдалось статистически значимого изменения расстояния от тела подъязычной кости до позвоночного столба, что указывает на незначительное изменение данной величины. Нами не было выявлено ни одного случая ухудшения функции дыхания.

Наши данные сопоставимы с результатами О. Guven [8], который обнаружил незначительное смещение подъязычной кости кзади и книзу и уменьшение величины воздушного пространства на данном уровне в сагиттальной плоскости. Тем не менее N. Samman [13] выявил частичное ухудшение состояния пациентов после проведенных операций по перемещению нижней челюсти кзади, что не сопоставимо с нашими данными.

Заключение

При хирургическом лечении пациентов с аномалиями зубочелюстной системы не происходит значительного изменения положения подъязычной кости и сопряженных с ней анатомических структур. Межкортикальная остеотомия нижней челюсти как основной хирургический метод коррекции аномалий окклюзии может применяться у данной группы пациентов без риска значимого сужения верхних дыхательных путей.

Литература

1. Глушко А.В. Оценка морфометрических изменений верхних дыхательных путей у больных при проведении ортогнатических операций: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2013.

2. Глушко А.В., Дробышев А.Ю., Гордина Г.С. Изменение размеров верхних дыхательных путей при хирургическом лечении пациентов с врожденными зубочелюстными аномалиями. *Стоматология для всех*. 2013; 3: 21–5.
3. Дробышев А.Ю., Анастасов Г. Основы ортогнатической хирургии. М.: Печатный город; 2007.
4. Гордина Г.С., Глушко А.В., Дробышев А.Ю., Серова Н.С., Фоминых Е.В. Методика обработки изображений мультиспиральной компьютерной томографии у пациентов с аномалиями зубочелюстной системы. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2014; 4 (2): 52–61.
5. Hochban W., Brandenburg U., Peter J.H. Surgical treatment of obstructive sleep apnea by maxillo-mandibular advancement. *Sleep*. 1994; 17: 624–9.
6. Degerliyurt K., Ueki K., Hashiba, Marukawa Y., Nakagawa K., Yamamoto E. A comparative CT evaluation of pharyngeal airway changes in class III patients receiving bimaxillary surgery of mandibular setback surgery. *Oral Surg*. 2008; 105: 495–502.
7. Ceylan I., Oktay H. A study of the pharyngeal size in different skeletal patterns. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop*. 1995; 108: 69–75.
8. Guven O., Saracoglu U. Changes in pharyngeal airway space and hyoid bone positions after body osteotomies and sagittal split ramus osteotomies. *J. Craniofac. Surg*. 2005; 16: 23–30.
9. Topf J., Kim S., Studinger R., Jackson I.T. Adult orthognathic surgery. *J. Craniofac. Surg*. 2007; 18 (5): 1197–208.
10. Riley R.W., Powell N.B., Guilleminault C. et al. Maxillary-mandibular and hyoid advancement: an alternative to tracheostomy on obstructive sleep apnea. *Otolaryngol. Head. Neck. Surg*. 1986; 94: 584–8.
11. Yi B., Zhang X., Zhang Z., Wang X., Huang X. Orthognathic surgery correction of mandibular hypoplasia accompanying obstructive sleep apnea syndrome. *Chin. J. Dent. Res*. 1999; 2: 59–64.
12. Holty J., Guilleminault C. Maxillo-mandibular advancement for treatment of obstructive sleep apnea — a systematic review and meta-analysis. *Sleep. Med. Rev*. 2009; 10: 1016–23.
13. Samman N., Tang S., Xia J. Cephalometric study of the upper airway in surgically corrected class III skeletal deformity. *Int. J. Adult. Orthodon. Orthognath. Surg*. 2002; 17: 180–90.
14. obstructive sleep apnea. *Otolaryngol. Head. Neck. Surg*. 1986; 94: 584–8.

References

1. Glushko A.V. Evaluation of the morphometric changes of the upper airway in patients during orthognathic surgery. PhD med. sci. Diss. Moscow; 2013 (in Russian).
2. Glushko A.V., Drobyshev A.Yu., Gordina G.S. Changing of the upper respiratory tract's size after the surgical treatment of patients with malocclusion. *Stomatologiya dlya vsekh*. 2013; 3: 21–5 (in Russian).
3. Drobyshev A.Yu., Anastassov G. Fundamentals of orthognathic surgery. Moscow: Pechatnyy gorod; 2007 (in Russian).
4. Gordina G.S., Glushko A.V., Drobyshev A.Yu., Serova N.S., Fominykh E.V. Methodology of the postprocessing of multislice computed tomography in patients with dentofacial anomalies. *Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki*. 2014; 4 (2): 52–61 (in Russian).
5. Hochban W., Brandenburg U., Peter J.H. Surgical treatment of

Поступила 27.10.2014

Взаимосвязь структурно-функциональных параметров сердца, сократимости миокарда левого желудочка и коронарного атеросклероза у больных сахарным диабетом 2 типа

А.В. Синеглазова, к. м. н., доцент;

О.В. Агеева, к. м. н., начальник Управления организации медицинской помощи взрослому населению
Министерства здравоохранения Челябинской области;

А.Е. Суспицын, аспирант, кардиолог

ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения РФ,

ул. Воровского, 64, Челябинск, 454092, Российская Федерация

A relationship between cardiac structural and functional parameters, left ventricular contractility, and coronary atherosclerosis in patients with type 2 diabetes mellitus

A.V. Sineglazova, MD, PhD, Associate Professor;

O.V. Ageeva, MD, PhD, Head of the Organization of Medical Care to the Adult Population
of the Ministry of Health of the Chelyabinsk Region;

A.E. Suspitsyn, Postgraduate, Cardiologist

South Ural State Medical University, Ministry of Health of the RF,

ul. Vorovskogo, 64, Chelyabinsk, 454092, Russian Federation

Цель исследования – изучение эхокардиографических показателей у больных сахарным диабетом (СД) 2 типа во взаимосвязи с сократимостью миокарда и коронароангиографическим статусом по данным вентрикуло- и коронарографии.

Материал и методы. Обследованы 138 пациентов с морфологически подтвержденной ишемической болезнью сердца (ИБС): 74 пациента (основная группа) с верифицированным СД 2 типа и 64 пациента (контрольная группа) без нарушений углеводного обмена. Всем пациентам были выполнены эхокардиография (ЭхоКГ) и коронароангиография с вентрикулографией. ЭхоКГ проводили на ультразвуковой системе «Vivid 4» (GE, США) в М- и В-режимах.

Результаты. У пациентов с СД 2 типа в сочетании с ИБС со сниженной сократимостью миокарда левого желудочка (ЛЖ) отмечено увеличение количества и величины коронарных стенозов, значительное снижение конечного диастолического и конечного систолического размеров, массы миокарда ЛЖ и индекса массы миокарда ЛЖ. Получены статистически достоверные корреляционные взаимосвязи сниженной сократимости левого желудочка и основных ЭхоКГ-показателей.

Заключение. У больных СД 2 типа в сочетании с ИБС чаще наблюдается множественное поражение коронарных артерий (КА), более выраженное их стенозирование. Структурно-функциональное ремоделирование сердца у больных СД 2 типа тесно связано с атеросклеротическими изменениями КА и снижением сократимости миокарда.

Введение

Распространенность ишемической болезни сердца (ИБС) среди больных сахарным диабетом (СД) выше, чем среди лиц без СД [1]. Известно, что осо-

бенностью течения ИБС у больных СД 2 типа является многососудистый атеросклеротический характер поражения коронарных артерий [2, 3]. Также наблюдаются отличия в изменениях

Objective: to study the association between echocardiographic (EchoCG) parameters in type 2 diabetes mellitus (DM) patients and myocardial contractility and coronary angiographic status as evidenced by ventriculography and coronarography.

Material and methods. One hundred and thirty-eight patients with morphologically verified coronary heart disease (CHD), including 74 patients with verified type 2 DM in the study group and 64 patients without carbohydrate metabolic disturbances in the control group, were examined. All the patients underwent EchoCG and coronary angiography with ventriculography. M- and B-mode EchoCG was performed using a GE Vivid 4 ultrasound system (USA).

Results. The patients with type 2 DM concurrent with CHD and decreased left ventricular (LV) contractility showed an increase in the number and extent of coronary stenoses and a substantial decrease in LV end-diastolic and end-systolic dimensions, LV mass, and LV mass index. There were statistically significant correlations between diminished left ventricular contractility and main EchoCG parameters.

Conclusion. The patients with type 2 DM concurrent with CHD are more frequently observed to have multiple lesions in the coronary arteries (CA), the degree of their stenosis being higher. Cardiac structural and functional remodeling in the patients with type 2 DM was closely related to CA atherosclerotic changes and decreased myocardial contractility.

Ключевые слова:

сахарный диабет, сократимость миокарда, ремоделирование миокарда, коронарный атеросклероз

Index terms:

diabetes mellitus, myocardial contractility, myocardial remodeling, coronary atherosclerosis

структуры и в функциональных характеристиках миокарда при сочетании ИБС и СД 2 типа. При этом изменение структурно-функциональных параметров миокарда при СД проявляется формированием неблагоприятных форм ремоделирования сердца и служит ведущим кардиоваскулярным фактором риска, влияющим на качество жизни пациентов [4]. По данным некоторых авторов, этим объясняется прогностически более тяжелое течение атеросклероза при СД [5]. Однако многокомпонентный патогенез ускоренного коронарного атеросклероза, особенности ремоделирования миокарда и взаимосвязь этих процессов при СД еще не выяснены окончательно [6].

Целью нашего исследования стало изучение эхокардиографических показателей у больных сахарным диабетом 2 типа во взаимосвязи с сократимостью миокарда и коронароангиографическим статусом по данным вентрикуло- и коронароангиографии.

Материал и методы

Обследованы 138 пациентов с морфологически подтвержденной ИБС, госпитализированных в отделение экстренной кардиологической помощи Челябинской областной клинической больницы за период 2011–2012 гг. Критериями включения в основную группу было наличие верифицированного СД 2 типа. В эту группу вошли 74 пациента – 47 (64%) мужчин и 27 (36%) женщин, средний возраст всех обследуемых составил $58,51 \pm 0,76$ года. В группе больных СД 2 типа впервые выявленный сахарный диабет наблюдался у 30% пациентов, длительность заболевания составила $3,25 \pm 3,8$ года. Диабетическая ретинопатия наблюдалась у 5%, нефропатия – у 11%, полинейропатия – у 19% пациентов, инфаркт миокарда в анамнезе перенесли 54% больных. Инсулинотерапию получали 18% пациентов, средняя длительность ее составила $0,6 \pm 2,1$ года.

Среднее значение гликированного гемоглобина (HbA1c) составило $7,6 \pm 1,7$, целевые уровни HbA1c были достигнуты у 68% пациентов. В контрольную группу были включены 64 пациента с ИБС без нарушений углеводного обмена – 46 (72%) мужчин и 18 (28%) женщин, их средний возраст составил $57 \pm 0,82$ года.

Группы были сопоставимы по возрасту ($p=0,18$) и полу ($p=0,3$). HbA1c определялся методом катионно-обменной хроматографии низкого давления на автоматическом анализаторе «BIO-RAD». Всем пациентам выполнены эхокардиография (ЭхоКГ) и коронароангиография (КАГ) с вентрикулографией (ВГ). ЭхоКГ проводили на ультразвуковой системе «Vivid 4» (GE, США) в М- и В-режимах. При анализе учитывались следующие показатели: толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ), межжелудочковой перегородки (МЖП), конечный систолический размер левого желудочка (КСР ЛЖ), конечный диастолический размер левого желудочка (КДР ЛЖ), размеры полостей правого желудочка (ПЖ), левого предсердия (ЛП), правого предсердия (ширина между стенками по короткой оси – ПП1 и высота от клапанного кольца до основания – ПП2). Оценивались систолическое давление в полости правого желудочка (СДПЖ), фракция выброса (ФВ). Массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ) вычисляли по формуле R.V. Devereux [7]. Индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) рассчитывали как отношение ММЛЖ к площади поверхности тела.

Коронароангиография с вентрикулографией проведена на аппаратах Toshiba Infinix CF-I/SP и GE Advantx LCV+. Использовались контрастное вещество омнипак (оптирей) в количестве в среднем 150–160 мл, стандартный набор для КАГ. Пункция правой бедренной артерии проводилась под местной анестезией 2% лидокаином. Методика КАГ с ВГ заключалась в поочередной

селективной катетеризации левой, правой коронарных артерий, полости левого желудочка с исследованием в стандартных ангиографических проекциях. При оценке результатов КАГ множественным поражением венечных артерий считали наличие гемодинамически значимых (более 50% по диаметру) сужений в системе двух или трех основных крупных эпикардиальных артерий – передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ), правой коронарной артерии (ПКА), огибающей ветви (ОВ) при правом или сбалансированном типе коронарного кровообращения, ПМЖВ и ОВ при левом типе [8]. Анализ сократимости левого желудочка проводился автоматически. Оценивались конечный диастолический объем, конечный систолический объем, фракция выброса.

Исследование носило характер одномоментного, по типу «поперечного среза». Научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрена этическим комитетом ЮУТМУ.

Статистическая обработка результатов выполнена с использованием пакета SPSS 17,0. Количественные (интервальные) и порядковые (ординальные) данные обработаны методами дескриптивной статистики и представлены в виде среднего арифметического и его средней ошибки ($M \pm m$). Межгрупповые различия оценивали с помощью U-критерия Манна–Уитни. Качественные данные представлены в виде абсолютного числа больных (n) и его процентной доли. Для изучения межгрупповых различий по качественным показателям применяли χ^2 Пирсона. При частоте появления признака менее 5 использовался точный критерий Фишера. Для оценки взаимосвязи показателей проведен непараметрический корреляционный анализ по Спирмену. Проверка статистических гипотез выполнялась при критическом уровне значимости $p=0,05$.

Результаты

Показатели структурно-функционального состояния сердца у больных сахарным диабетом 2 типа и в контрольной группе были сопоставимы, за исключением несколько большего размера полости правого желудочка при СД 2 типа (табл. 1).

По данным коронароангиографии и вентрикулографии статистически значимых отличий между группами пациентов с СД 2 типа и с изолированной ИБС выявлено не было. В обеих группах установлена высокая частота коронарных стенозов: при ИБС в сочетании с СД 2 типа – у 58 (75%) человек, в контрольной группе – у 53 (82%) человек, ($p=0,64$). В основной группе среднее количество стенозов составило $3,35 \pm 0,27$, у пациентов контрольной группы – $3,3 \pm 0,3$ ($p=0,16$). Степень стенозирования венечных артерий составила в среднем $65,38 \pm 4,4\%$ – в основной и $66,5 \pm 4,8\%$ – в контрольной группах ($p=0,117$). Частота снижения сократимости миокарда (ССМ) левого желудочка в двух группах статистически значимо не различалась, в среднем треть больных обеих групп имели снижение сократимости миокарда (при СД 2 типа – у 20 (29,6%),

при изолированной ИБС – у 18 (28%) пациентов ($p=0,886$).

При сопоставлении данных КАГ в зависимости от сократимости миокарда у пациентов с ИБС, как при наличии, так и при отсутствии СД 2 типа (табл. 2), отмечено, что все больные с ССМ имели стенозы коронарных артерий, представленные в 100% случаев множественными стенозами ($p=0,023-0,0001$). У больных с ССМ обеих групп в отличие от больных с нормальной сократимостью миокарда выявлен достоверно больший средний процент стенозирования и большее среднее количество

стенозов коронарных артерий. При этом обращает на себя внимание, что при наличии СД 2 типа снижение сократимости миокарда установлено при значительно меньшем количестве коронарных стенозов, чем при отсутствии СД 2 типа.

При анализе особенностей эхокардиографических параметров у пациентов со сниженной и нормальной сократимостью миокарда (табл. 3) установлено, что независимо от наличия СД 2 типа при ССМ наблюдаются достоверно большие размер левого желудочка, ММЛЖ и ИММЛЖ, а также снижение ФВ. Однако

Таблица 1

Основные структурно-функциональные показатели миокарда у пациентов основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа ($n=74$)	Контрольная группа ($n=64$)	p
КДР ЛЖ, см	$5,59 \pm 0,09$	$5,47 \pm 0,08$	0,462
КСР ЛЖ, см	$3,9 \pm 0,09$	$3,76 \pm 0,09$	0,828
ЗСЛЖ, см	$1,10 \pm 0,01$	$1,09 \pm 0,01$	0,881
МЖП, см	$1,18 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,03$	0,352
ПЖ, см	$2,90 \pm 0,04$	$2,89 \pm 0,06$	0,002
ПП1, см	$4,36 \pm 0,07$	$4,31 \pm 0,08$	0,319
ПП2, см	$4,22 \pm 0,08$	$4,27 \pm 0,09$	0,227
СДПЖ, мм рт. ст.	$33,62 \pm 0,81$	$33,69 \pm 0,92$	0,518
ММЛЖ, г	$270,89 \pm 8,27$	$254,5 \pm 7,26$	0,446
ИММЛЖ, г/м ²	$135,04 \pm 3,50$	$127,25 \pm 3,2$	0,301
ФВ, %	$57,75 \pm 1,04$	$59,26 \pm 1,1$	0,872

Таблица 2

Особенности коронароангиографических показателей миокарда у пациентов с ИБС в зависимости от наличия СД 2 типа и сократимости миокарда левого желудочка

Показатель	СД 2 типа + сниженная сократимость ($n=20$)	СД 2 типа + нормальная сократимость ($n=54$)	Без СД 2 типа + сниженная сократимость ($n=18$)	Без СД 2 типа + нормальная сократимость ($n=46$)	p_{1-3}
Группа	1-я	2-я	3-я	4-я	
Наличие стенозов КА, n (%)	20 (100)	38 (70)	18 (100)	35 (76)	1,0
p	0,026		0,023		
Наличие множественных стенозов КА, n (%)	20 (100)	29 (52,6)	18 (100)	24 (52)	1,0
p	0,0001		0,0001		
Количество стенозов	$4,65 \pm 0,32$	$2,89 \pm 0,33$	$5,3 \pm 0,47$	$2,5 \pm 0,3$	0,015
p	0,0001		0,0001		
Стеноз КА, %	$94 \pm 2,75$	$55,33 \pm 5,26$	$93 \pm 2,6$	$56 \pm 5,9$	0,456
p	0,002		0,0001		

Таблица 3

**Особенности структурно-функциональных показателей миокарда у лиц с ИБС
в зависимости от наличия СД 2 типа и сократимости миокарда левого желудочка**

Показатель	СД 2 типа + сниженная сократимость (<i>n</i> =20)	СД 2 типа + нормальная сократимость (<i>n</i> =54)	Без СД 2 типа + сниженная сократимость (<i>n</i> =18)	Без СД 2 типа + нормальная сократимость (<i>n</i> =46)	<i>p</i> ₁₋₃
Группа	1-я	2-я	3-я	4-я	
КДР ЛЖ, см	6,39±0,17	5,31±0,07	6,03±0,12	5,24±0,08	0,379
<i>p</i>	0,0001		0,0001		
КСР ЛЖ, см	4,77±0,17	3,6±0,08	4,36±0,14	3,5±0,1	0,192
<i>p</i>	0,0001		0,0001		
ЗСЛЖ, см	1,0±0,03	1,13±0,01	1,1±0,03	1,09±0,016	0,014
<i>p</i>	0,001		0,862		
МЖП, см	1,14±0,05	1,12±0,02	1,12±0,05	1,14±0,03	0,789
<i>p</i>	0,405		0,808		
ПП1, см	4,67±0,15	4,25±0,07	4,39±0,13	4,28±0,1	0,141
<i>p</i>	0,024		0,936		
СДПЖ, мм рт. ст.	37,3±2,09	32,33±0,76	36,8±2,2	32,3±0,84	0,768
<i>p</i>	0,018		0,106		
ММЛЖ, г	320,16±22,23	253,61±6,79	294±14,8	238±6,9	0,759
<i>p</i>	0,001		0,003		
ИММЛЖ, г/м ²	158,97±9,2	126,65±2,76	143,6±6	120,4±3,3	0,465
<i>p</i>	0,0001		0,001		
Фракция выброса, %	46,9±1,79	61,56±0,77	52,2±2	62±1,1	0,341
<i>p</i>	0,0001		0,0001		

при СД 2 типа у лиц с ССМ отмечаются меньшая толщина ЗСЛЖ, увеличение систолического давления в правом желудочке и размеров правого предсердия.

Описанные результаты согласуются с данными непараметрического корреляционного анализа (табл. 4).

Таким образом, результаты проведенного нами исследования согласуются с данными других авторов, свидетельствующих о множественных атеросклеротических поражениях и высокой степени стенозирования венечных артерий при СД 2 типа [8]. Снижение сократимости миокарда у больных СД 2 типа развивается при меньших атеросклеротических изменениях коронарных артерий, что может быть обусловлено дополнительным проатеросклеротическим действием нарушений углеводного обмена.

Таблица 4

**Корреляционный анализ снижения
сократимости миокарда и эхокардиографических показателей
при СД 2 типа и без него**

Показатель	Основная группа		Контрольная группа	
	r_s	p	r_s	p
КДР, см	0,614	0,0001	0,575	0,0001
КСР, см	0,635	0,0001	0,606	0,0001
МЖП, см	-0,375	0,001	—	—
ПП, см	0,258	0,023	—	—
СДПЖ, мм рт. ст.	0,271	0,017	—	—
ММЛЖ, г	0,370	0,001	0,387	0,002
ИММЛЖ, г/м ²	0,457	0,0001	0,421	0,001
ФВ, %	-0,676	0,001	-0,509	0,0001

Выводы

1. Снижение сократимости миокарда левого желудочка с высокой частотой диагностируется у больных ИБС независимо от наличия СД 2 типа.

2. При СД 2 типа снижение сократимости миокарда наблюдается при меньшем количестве коронарных стенозов.

3. У больных ИБС с СД 2 типа со сниженной сократимостью

миокарда левого желудочка установлено ремоделирование как левых, так и правых отделов сердца.

Литература

1. Kannel W.B., McGee D.L. Diabetes and cardiovascular disease. The Framingham study. *JAMA*. 1979; 241: 2035–8.
2. Бокерия Л.А., Алесян Б.Г., Бузиашвили Ю.И. Результаты коронарного стентирования у больных ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом в отдаленные сроки после операции. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2006; 5: 12–6.
3. Макарова В.А., Комельских К.А. Атеросклеротическое поражение коронарных артерий при патологии углеводного обмена. *Уральский медицинский журнал*. 2007; 7: 46–50.
4. Джанашия П.Х., Могутова П.А., Потешкина Н.Г., Аракелян М.С. Ремоделирование сердца и его роль в формировании аритмий у больных сахарным диабетом типа 2 и артериальной гипертензией. *Российский кардиологический журнал*. 2008; 6: 10–4.
5. Мелкозеров К.В., Калашников В.Ю. Ишемическая болезнь сердца у

больных сахарным диабетом и критической ишемией нижних конечностей. *Сахарный диабет*. 2012; 3: 39–44.

6. Волков В.И., Серик С.А. Сахарный диабет и коронарный атеросклероз. *Атеросклероз*. 2011; 7(2): 5–22.
7. Devereux R.B., Alonso D.R., Lutas E.M. et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am.J. Cardiol*. 1986; 57 (6): 450–8.
8. Rensing B.J., Vos J., Smits P.C. et al. Coronary restenosis elimination with a sirolimus eluting stent: first European human experience with 6-month angiographic and intravascular ultrasonic follow-up. *Eur. Heart J*. 2001; 22: 2125–30.

References

1. Kannel W.B., McGee D.L. Diabetes and cardiovascular disease. The Framingham study. *JAMA*. 1979; 241: 2035–8.
2. Bockeria L.A., Alekryan B.G., Buziashvili Yu.I. Results of coronary stenting in patients with coronary heart disease and diabetes mellitus in late postoperative periods. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2006; 5: 12–6 (in Russian).

3. Makarova V.A., Komel'skikh K.A. Atherosclerosis coronary artery disease in the pathology of carbohydrate metabolism. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal*. 2007; 7: 46–50 (in Russian).
4. Dzhanashiya P.Kh., Mogutova P.A., Poteshkina N.G., Arakelyan M.S. Heart remodelling and its role in arrhythmia development in patients with Type 2 diabetes mellitus and arterial hypertension. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2008; 6: 10–4 (in Russian).
5. Melkozerov K.V., Kalashnikov V.Yu. Ischaemic heart disease in patients with diabetes mellitus and critical lower limb ischemia. *Sakharnyy diabetes*. 2012; 3: 39–44 (in Russian).
6. Volkov V.I., Serik S.A. Diabetes mellitus and coronary atherosclerosis. *Ateroskleroz*. 2011; 7 (2): 5–22 (in Russian).
7. Devereux R.B., Alonso D.R., Lutas E.M. et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am.J. Cardiol*. 1986; 57 (6): 450–8.
8. Rensing B.J., Vos J., Smits P.C. et al. Coronary restenosis elimination with a sirolimus eluting stent: first European human experience with 6-month angiographic and intravascular ultrasonic follow-up. *Eur. Heart J*. 2001; 22: 2125–30.

Поступила 27.03.2014

Оптимизация протокола магнитно-резонансной томографии всего тела для стадирования лимфомы Ходжкина

А.И. Михайлов, аспирант;

В.О. Панов, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и медицинской физики;

И.Е. Тюрин, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики, лучевой терапии и медицинской физики

ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования»

Министерства здравоохранения РФ,

ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 123995, Российская Федерация

Optimization of a whole-body magnetic resonance imaging protocol for Hodgkin lymphoma staging

A.I. Mikhaylov, Postgraduate;

V.O. Panov, MD, PhD, Associate Professor of Department of Radiation Diagnosis, Radiotherapy and Medical Physics;

I.E. Tyurin, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Department of Radiation Diagnosis, Radiotherapy and Medical Physics

Russian Medical Academy of Postgraduate Education,
Ministry of Health of the RF,
ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 123995, Russian Federation

Цель исследования – оптимизация протокола проведения магнитно-резонансной томографии всего тела (МРТ-ВТ), включающего диффузионно-взвешенные изображения (DWI), для использования в диагностическом комплексе при лимфоме Ходжкина (ЛХ).

Материал и методы. Обработка протокола МРТ-ВТ, адаптированного для стадирования и мониторинга ЛХ, проходила на 1.5 Т и 3.0 Т МР-томографах. В исследование были включены 128 пациентов с ЛХ, верифицированной на основании результатов комплексного клинико-лабораторного и инструментального обследований, включая компьютерную томографию (КТ), позитронную эмиссионную томографию (ПЭТ), ПЭТ/КТ, сцинтиграфию и рентгенографию костей скелета, ультразвуковое исследование, лабораторные анализы и данные биопсии, а также 27 здоровых лиц. Диагностическая ценность созданного протокола была определена путем сравнения с «золотым стандартом» диагностики лимфомы Ходжкина – позитронной эмиссионной томографией с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой у 63 пациентов с ЛХ.

Результаты. МРТ всего тела показала высокую чувствительность – 99,2% (ДИ 97,6–100%) и специфичность – 99,6% (ДИ 99,05–100%) в определении очагов поражения при ЛХ.

Заключение. Высокая чувствительность и специфичность МРТ-ВТ, сопоставимые с таковыми ПЭТ, позволяют предложить этот метод для оценки первичной распространенности опухолевого процесса при ЛХ. Разработанный протокол МРТ-ВТ без контрастного усиления для 1,5 Т и 3,0 Т томографов дает возможность получать в рамках одного исследования анатомические (T2-ВИ) и функциональные (DWI с оценкой измеряемого коэффициента диффузии) МР-изображения нодальных и экстранодальных поражений при ЛХ без увеличения временных затрат, модернизации оборудования и программного обеспечения. Применение предложенного протокола повышает качество лучевой диагностики ЛХ при одновременном снижении лучевой нагрузки на пациента.

Objective: to optimize a whole-body magnetic resonance imaging (WBMRI) protocol including diffusion-weighted imaging (DWI) used as a diagnostic complex for Hodgkin lymphoma (HL).

Material and methods. The WBMRI protocol adapted for HL staging and monitoring was tried out on 1.5 T and 3.0 T MRI scanners. The investigation included 128 patients with HL verified by complex clinical, laboratory, and instrumental studies (including computed tomography (CT), positron emission tomography (PET), PET/CT, scintigraphy and radiology of the skeleton, ultrasonography, laboratory tests, and biopsy) and 27 healthy individuals. The diagnostic value of the elaborated protocol was determined comparing with that of ^{18}F -fluorodeoxyglucose PET, the gold standard for diagnosing HL in 63 patients with this condition.

Results. WBMRI showed high sensitivity (99.2%) (97.6–100% confidence interval (CI)) and specificity (99.6%) (99.05–100% CI) in determining the foci of lesion in HL.

Conclusion. The high sensitivity and specificity of WBMRI, which are similar to those of PET, may suggest that this method should be used to estimate the extent of the primary tumor in HL. Within one study, the proposed non-contrast-enhanced WBMRI protocol for 1.5 T and 3.0 T MRI scanners can yield anatomic (T2-WI) and functional (DWI estimating the measured diffusion coefficient) MR images of nodal and extra-nodal lesions in HL, without increasing time and modernizing equipment and software. The proposed protocol improves the quality of HL radiodiagnosis, by concurrently reducing a patient's radiation exposure.

Ключевые слова:

лимфома Ходжкина, магнитно-резонансная томография всего тела, позитронная эмиссионная томография, диффузия

Index terms:

Hodgkin lymphoma, magnetic resonance imaging, positron emission tomography, whole-body magnetic resonance imaging, diffusion

Введение

Лимфома Ходжкина (ЛХ) – это В-клеточная лимфома, характерным признаком которой является наличие гигантских клеток Рид – Березовского – Штернберга [1, 2]. ЛХ представляет собой серьезную медико-социальную проблему в связи с высокой распространенностью (в структуре заболеваемости злокачественными лимфомами ЛХ занимает 30%) и экономическим ущербом, обусловленным преимущественным поражением и смертностью лиц трудоспособного возраста [3]. По данным Национального института рака (США), финансовые расходы на лечение больных с ЛХ в 2012 г. превысили 12 млрд долларов, что сопоставимо с затратами при раке легкого [4].

Заболеваемость ЛХ в Российской Федерации составляет 2,1 случая на 100 тыс. населения в год (3164 впервые диагностированных больных ежегодно) [5]. Смертность достигает 0,77 случая на 100 тыс. населения в год. Заболевание возникает в любом возрасте, но преимущественно в 16–35 лет, в этой возрастной группе в Российской Федерации преобладают женщины [2]. Начиная с 2012 г. благодаря значительным успехам в лечении ЛХ ежегодно смертность от этого заболевания сокращается на 2,3%, а 5-летняя выживаемость достигла 85,3% [6].

Одним из главных факторов благоприятного прогноза у больных с ЛХ является инициация лечения на ранних стадиях болезни, тогда как позднее начало терапии снижает шансы на выздоровление в 2 раза [7]. Не менее важным условием благоприятного исхода является точное стадирование патологического процесса, лежащее в основе определения прогностических групп, в соответствии с которыми планируется вся лечебная тактика [8]. Стадирование ЛХ базируется на результатах лучевого обследования, включающего оценку распространенности лимфоматозного процесса по количеству

и локализации пораженных групп лимфатических узлов (ЛУ) и экстранодулярных поражений [9]. Определение эффективности лечебных мероприятий также основывается на данных лучевой диагностики и должно проводиться в процессе полихимиотерапии (ПХТ), после ее окончания и по завершении всей программы лечения. Общепринятый комплекс методов лучевой диагностики при ЛХ включает компьютерную томографию (КТ) с введением рентгеноконтрастных средств, позитронную эмиссионную томографию (ПЭТ или совмещенную ПЭТ/КТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенографию и сцинтиграфию костей скелета. Магнитно-резонансная томография (МРТ) предлагается как уточняющий метод при наличии определенных показаний (например, поражение центральной нервной системы) [2, 10].

В настоящее время наиболее информативным методом лучевой диагностики ЛХ признана ПЭТ [11]. Однако в связи с высокой стоимостью и низкой доступностью ПЭТ не включена в стандартные протоколы в качестве обязательного метода наблюдения ЛХ. В рамках протоколов клинических исследований изучается возможность использования результатов промежуточной ПЭТ для разделения больных с ЛХ по прогнозу с целью выбора оптимальной лечебной программы – укороченной, стандартной или интенсифицированной [12]. В связи с тем что ПЭТ, проведенная после завершения курса ПХТ, позволяет обнаружить персистенцию опухолевой ткани, обсуждается вопрос об обязательном применении метода для подтверждения полноты ремиссии ЛХ [13]. Однако выполнение ПЭТ для динамического наблюдения за больными с ЛХ не рекомендуется [2]. Таким образом, вопрос о применении ПЭТ в диагностике и мониторинге ЛХ до настоящего времени остается открытым.

В сложившейся ситуации наиболее часто используемым в

клинической практике методом наблюдения ЛХ остается КТ, несмотря на ее низкую информативность для стадирования патологического процесса по сравнению с ПЭТ [8, 9]. Высокая лучевая нагрузка и необходимость введения рентгеноконтрастных препаратов при многократно повторяющихся в динамике исследованиях делает КТ небезопасной для мониторинга ЛХ. Совмещенная ПЭТ/КТ превосходит по диагностической эффективности изолированные ПЭТ и КТ, но объединяет в себе недостатки обоих методов и взаимно потенцирует их нежелательные влияния [14]. Все перечисленное требует поиска более доступного, безопасного и высокоэффективного метода лучевой диагностики ЛХ, которым может стать адаптированная для этих целей МРТ всего тела (МРТ-ВТ). Основные требования, предъявляемые к МРТ-ВТ для обеспечения корректного стадирования ЛХ, заключаются в максимальном покрытии всех областей тела пациента с достаточной разрешающей способностью и относительной контрастностью мягких тканей, при минимальной продолжительности и максимальной безопасности процедуры.

Цель нашего исследования – оптимизация протокола проведения магнитно-резонансной томографии всего тела для использования в диагностическом комплексе при лимфоме Ходжкина.

Материал и методы

Отработка протокола МРТ-ВТ, адаптированного для стадирования и мониторинга ЛХ, проходила на МР-томографах Magnetom Espree 1.5 T и Magnetom Skyra 3.0 T (Siemens, Германия).

В исследование были включены 128 пациентов с ЛХ, верифицированной на основании результатов комплексного клинко-лабораторного и инструментального обследования (включая КТ, ПЭТ, ПЭТ/КТ, сцинтиграфию и рентгенографию костей скелета, УЗИ, лабораторные анализы

и данные биопсии), и 27 здоровых лиц.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы электронных таблиц (Microsoft Office Excel 2007 с пакетом «Анализ данных»). Для описания и визуализации изучаемых признаков и в качестве критериев значимости применяли 95%-е доверительные интервалы (ДИ) с использованием биномиального распределения и z-статистики. Диагностическую ценность метода определяли с помощью расчетов чувствительности и специфичности.

Результаты и обсуждение

Основополагающим принципом создания любого протокола МРТ является получение оптимального баланса разрешения, относительного контраста изображения, отношения сигнал/шум (SNR) и времени исследования [15, 16]. Указанные параметры визуализации тесно связаны между собой: высокое разрешение позволяет выявлять более мелкие детали, но, как правило, снижает SNR и/или увеличивает продолжительность исследования [16–18]. В то же время определенный минимум величины SNR требуется для того, чтобы выделить интересующий сигнал из общего шума [16–18]. Необходимость достижения достаточно-

го относительного контраста тканей также устанавливает ряд требований к соотношению времени TR и TE, что увеличивает длительность исследования [16–18]. С другой стороны, время исследования должно быть минимальным, поскольку, во-первых, МРТ является дорогостоящим методом, во-вторых, продолжительная процедура некомфортна для пациента, что влечет за собой нежелательные движения и, как следствие, двигательные артефакты [15]. Влияние основных параметров МР-последовательностей на время сбора данных, разрешение и SNR отражено в таблице 1 [16–18]. Развитие технологий параллельной визуализации [19, 20], применение методов компенсации двигательных артефактов [21] и методов сжатия [22] позволяют дополнительно влиять на взаимоотношение основных параметров построения изображения на этапе сбора данных, а методики «сверхразрешающей МРТ» – на этапе постобработки полученных результатов [23].

В процессе исследования использовали подвижный стол (с автоматическим пошаговым смещением до 205 см) и технологию Total Imaging Matrix (Tim), которая позволяет объединять элементы поверхностных катушек, покрывающих все тело пациента, и радиочастотной систе-

мы с независимыми каналами для создания единой матрицы визуализации. В результате в выбранной области исследования из отдельных элементов формируется виртуальная катушка, соответствующая данной зоне, которая обеспечивает возможность получения однородного сигнала без искажений на протяжении 32 см – для Magnetom Espree 1.5 T и 37 см – для Magnetom Skyra 3.0 T по направлению туннеля магнита.

В зависимости от роста пациента количество шагов смещения стола колебалось от 5 до 8. Центрацию стола проводили на уровне подбородка с помощью лазерной метки. При переходе к последующим областям сканирования лазерный центратор не применялся, поскольку положение тела пациента относительно катушек не менялось. Сочетанное использование всего спектра многоканальных поверхностных радиочастотных катушек (головная, шейная, 2 или 3 нательные мягкие катушки, ангиографическая катушка для нижних конечностей, встроенная в стол спинальная катушка) дало возможность исключить смену катушек при обследовании всего тела, избежать необходимости репозиционирования пациента и тем самым существенно сократить продолжительность обследования без потери качества изображений. Едино-

Таблица 1

Влияние различных параметров последовательностей на время сбора данных, разрешение и отношение сигнал/шум при МРТ

Параметр	Характер изменений	Время сбора данных	Разрешение	Отношение сигнал/шум (SNR)
Матрица	↑	↑	↑	↓
Поле обзора (FOV)	↑	–	↓	↑
Толщина среза	↑	–	↓	↑
Ширина полосы сбора данных	↑	↓*	–	↑
Количество усреднений	↑	↑	–	↑
Фазовая передискретизация	↑	↑	–	↑
FOV по направлению фазового кодирования	↓	↓	–	↓
iPAT-фактор (фактор ускорения параллельного сбора данных)	↑	↓	–	↓
Фактор частичного преобразования Фурье	↑	↓	–	↓

* Влияет только на минимальное время TR.

↑ усиление параметра; ↓ ослабление параметра; полужирным выделены отрицательные влияния.

временное применение нескольких поверхностных матричных катушек с системой параллельного сканирования позволило получить лучшее SNR за более короткий промежуток по сравнению с использованием встроенной приемно-передающей катушки. Преимущество, которое дает использование ангиографической катушки для нижних конечностей (PA Matrix Coil) вместо универсальной катушки (Body Matrix Coil), заключается в том, что нижние конечности по отдельности покрываются элементами катушки, что обеспечивает получение изображений, свободных от артефактов наложения.

Для ускорения процесса сбора данных с минимальными потерями SNR применяли технологию параллельной визуализации – iPAT (Integrated parallel acquisition technique). iPAT – интегральный метод параллельного сбора данных, включающий два способа формирования изображения: mSENSE (modified sensitivity encoding) – путем совмещения канальных изображений, а также GRAPPA (Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisition) – путем совмещения линий k-пространства каждого канала. В предлагаемом протоколе использовался метод GRAPPA, поскольку он приводит к меньшему количеству артефактов искажения и химического сдвига при эхопланарных импульсных последовательностях и в тканях с большим количеством разделов сред (например, грудная клетка, брюшная полость) [24].

Топограмму (локалайзер) получали от последовательно просканированных 5–8 областей, в зависимости от роста пациента, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (фронтальная и сагиттальная), с последующей автоматической реконструкцией изображения всего тела. Исключение из топограммы аксиальной проекции, не столь значимой при позиционировании срезов основных последовательностей, позво-

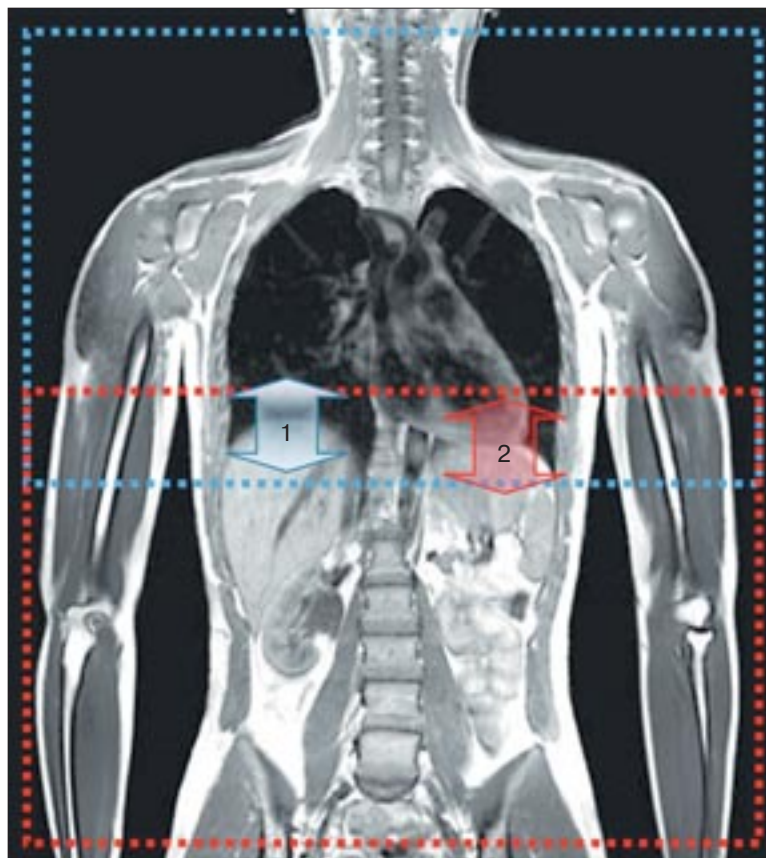


Рис. 1. Варианты установки навигатора для виртуальной катушки «области грудной клетки» и «области брюшной полости» при МРТ всего тела: 1 – навигатор и FOV для грудной клетки; 2 – навигатор и FOV для брюшной полости.

лило сократить время получения локалайзера.

Для нивелирования артефактов движения при исследовании грудной и брюшной полостей использовалась синхронизация с дыханием пациента. Синхронизация с ритмом сердечных сокращений не проводилась, в связи с тем что это приводит к значительному увеличению времени укладки пациента и всей продолжительности исследования, не вызывая существенного улучшения диагностического качества изображений. С целью максимальной синхронизации с дыханием пациента выполнялась дополнительная топограмма, в трех взаимно перпендикулярных проекциях, в области куполов диафрагмы, на спокойном выдохе, для фиксации положения диафрагмы в заданную фазу дыхательного цикла. Процесс сбора данных осуществлялся в фазу выдоха по нескольким причинам. Стабильная вели-

чина объема выдоха приводит к меньшему, чем в фазу вдоха, и прогнозируемому смещению органов брюшной и грудной полости [25]. Отношение фаз вдоха и выдоха по времени составляет $1/2 - 1/3$, что обеспечивает дополнительное время для сбора информации [25]. Повышение протонной плотности легких в фазу выдоха в связи со снижением их объема приводит к увеличению интенсивности сигнала от легочной ткани и снижению вероятности возникновения артефактов химического сдвига [26].

При сборе данных с области грудной клетки и брюшной полости использовали два способа установки навигатора (рис. 1). В обоих случаях центр навигатора устанавливался на границе «раздела сред». При исследовании грудной клетки навигатор располагался на границе печень/плевральная полость справа, в наивысшей точке правой

доли печени, и в нижней части блока срезов, так чтобы он входил в поле обзора (FOV), закрываемое виртуальной катушкой «области грудной клетки». При исследовании брюшной полости навигатор располагался на границе селезенка/плевральная полость слева и в верхней части блока срезов. Важным условием являлась установка навигатора в области, характеризующейся максимальной подвижностью, так чтобы он более полно входил в FOV, закрываемое виртуальной катушкой «области брюшной полости». Такой способ установки навигатора позволяет более точно определять интервалы между

фазами дыхания пациента по сравнению с установкой навигатора по локализатору, выполненной при свободном дыхании. При точном определении фаз дыхания и подборе TR не более 1/2 длительности цикла дыхания эффективный сбор данных происходит на каждом выдохе пациента, что препятствует увеличению времени исследования.

Комплексная МРТ-ВТ включает получение изображений в коронарной плоскости всех областей тела, от темени до проксимальной трети голени, с захватом всего туловища в переднезаднем направлении. Коронарная плоскость была выбрана как наиболее

эффективная, поскольку при использовании максимально возможного FOV она позволяет охватывать большую полезную площадь среза по сравнению с сагиттальной и аксиальной плоскостями (рис. 2).

Для получения T2-взвешенных изображений (T2-ВИ) использовали турбо спин-эхо импульсную последовательность с неполным заполнением матрицы k-пространства HASTE (Half-Fourier Acquisition Single-shot Turbo spin-Echo), которая маловосприимчива к двигательным (в том числе дыхательным) артефактам, обеспечивает достаточно высокую разрешающую способ-

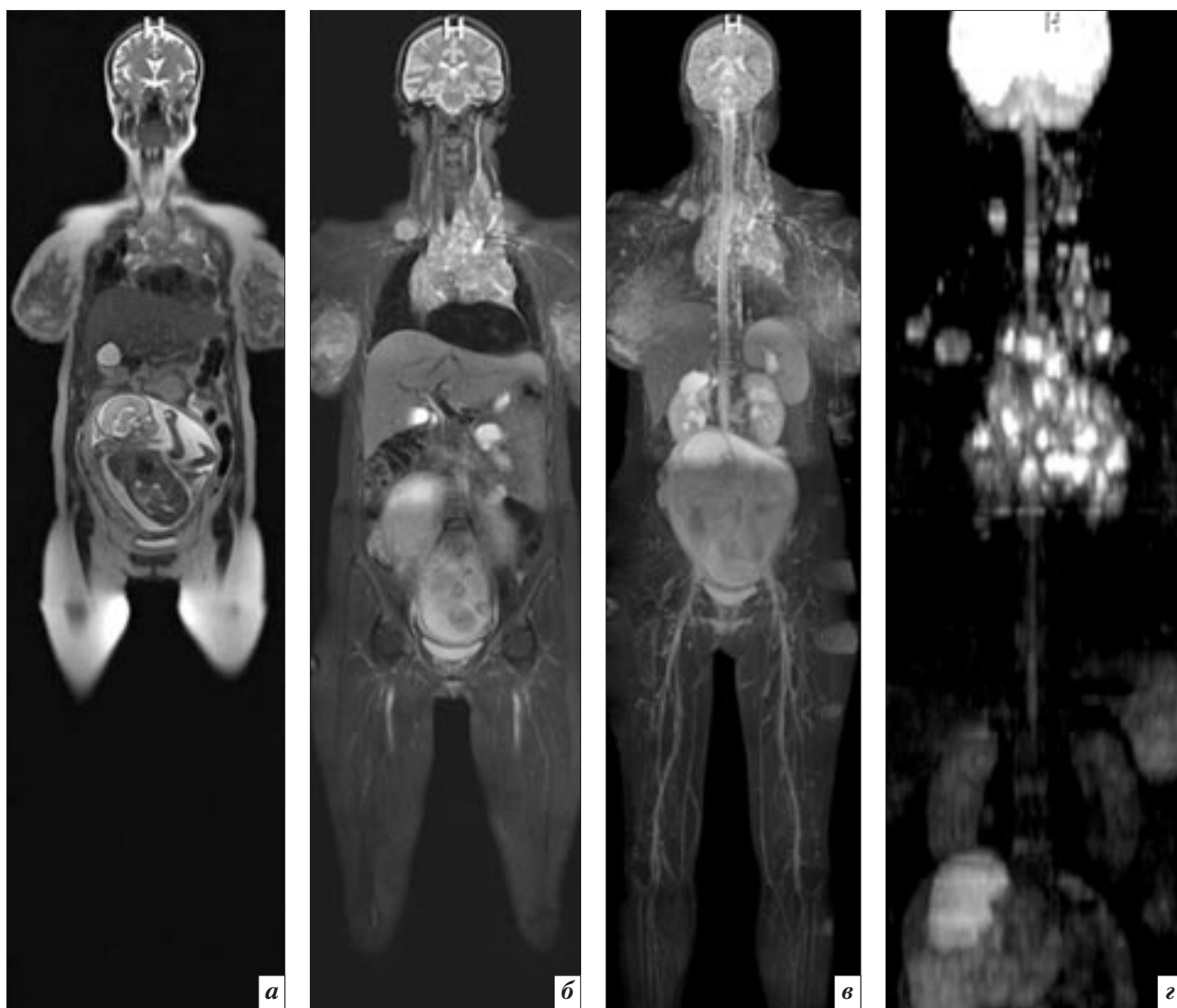


Рис. 2. Пример визуализации МРТ всего тела. Билатеральное поражение лимфатических узлов шейно-надключичных областей и средостения при ЛХ у беременной (32 нед) пациентки: *а* – T2-ВИ HASTE; *б* – T2-ВИ STIR; *в* – реконструкция по максимальной интенсивности сигнала (MIP) T2-ВИ STIR; *г* – MIP диффузионно-взвешенных изображений.

ность и контрастность паренхиматозных органов и мягких тканей, позволяет четко дифференцировать сосуды и жидкостные структуры, качественно визуализировать очаговые изменения в легких размером более 0,5 см [27–29]. Для получения T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани использовали трехмерный вариант последовательности инверсия-восстановление с коротким временем инверсии сигнала – STIR (Short Tau inversion Inversion-Recovery) и с проспективной коррекцией двигательных артефактов – SPACE (SPAtial and Chemical shift encoded Excitation). При использовании больших FOV последовательность инверсия-восстановление позволяет более надежно подавлять сигнал жировой ткани по сравнению с частотным «жиронасыщением» (fat saturation) благодаря меньшей чувствительности к неоднородностям магнитного поля [30]. Кроме того, STIR может быть полезна для подавления сигнала кишечника в ситуации, когда он имеет короткое значение T1, аналогичное жировой ткани [31].

Для обеспечения адекватной автоматической реконструкции изображений всего тела, полученных последовательно от 5–8 областей, устанавливалось перекрытие областей исследования не менее 10% от их протяженности (визуально высота 2–3 позвонков). Количество срезов варьировало от 30 до 56 в зависимости от конституции пациента.

С целью исключения краевых артефактов при настройке однородности поля применялось сужение FOV по направлению фазового кодирования (голова – ноги) – PhED (Phase Encoding Direction) до 65–75%, что сопровождалось дополнительным сокращением времени выполнения последовательности.

Для предотвращения появления на изображении «отбросов»/«заворотов» и наложений фрагментов объекта, выходящего за пределы FOV, применяли фа-

зовую передискретизацию (phase oversampling) в размере 50% от области интереса по PhED. Увеличение количества шагов фазового кодирования более 50% от FOV хотя и сопровождалось повышением SNR, но требовало увеличения продолжительности исследования и полностью не исключало вероятность возникновения артефактов наложения. Для исключения срезов с краевыми артефактами использовали перекрытие пакетов диффузионно-взвешенных изображений – DWI (Diffusion Weighted Imaging) в 2–3 среза (большее перекрытие существенно не улучшало качество реконструкции, но увеличивало временные затраты). В итоге сокращение FOV до 65 – 75% с увеличением количества шагов фазового кодирования на 50% привело к максимальному возможному исключению краевых артефактов и артефактов наложения без увеличения продолжительности исследования и потери SNR по сравнению со 100% FOV без применения фазовой передискретизации.

Данные для построения DWI собирались в аксиальной плоскости с настройкой PhED спереди – назад. Отклонение от строго аксиальной плоскости либо использование других проекций и/или PhED приводило к значительному усилению геометрических искажений и невозможности выполнения алгоритмов автоматической реконструкции.

Измерение скорости диффузии молекул воды проводили в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, поскольку это минимальное количество направлений, необходимое для оценки степени анизотропии движения молекул воды в биологической ткани. Использование большего количества направлений приводит к кратному увеличению времени исследования, общего объема данных, не представляющих диагностической ценности [32–34].

Для получения DWI применяли эхопланарную последова-

тельность с подавлением сигнала фона – DWIBS (Diffusion Weighted Imaging with Background Suppression) в аксиальной плоскости, без синхронизации с дыханием пациента, которая изначально разрабатывалась для визуализации и дифференциации нормальных ЛУ от гиперпластичных и метастатически пораженных [35–38].

Доказано, что при DWIBS отношение SNR диффузионно-взвешенной MPT-ВТ при свободном дыхании выше, чем при задержке дыхания [35, 38]. В связи с тем, что для получения конечных изображений при DWI величина SNR является более значимым показателем, чем пространственное разрешение, наиболее логичным способом повышения SNR было уменьшение матрицы сбора данных и использование свободного дыхания. Снижение разрешения за счет уменьшения матрицы данных привело к сокращению времени сбора данных, что, в свою очередь, позволило, в частности, использовать несколько усреднений, получить более тонкие срезы, увеличить количество срезов без изменения значений SNR.

В дополнение к DWIBS применялась методика частотного «жиронасыщения» (избирательного подавления сигнала жировой ткани). Такой подход обеспечивает более равномерное подавление сигнала жировой ткани, хотя и является более затратным по времени. Поскольку эхопланарные последовательности довольно чувствительны к артефактам и искажениям, равномерное подавление сигнала от жира позволяет не только улучшить визуализацию ЛУ, уменьшить интенсивность сигнала от кишечника, но и нивелировать артефакты химического сдвига вода/жир.

С целью повышения SNR в эхопланарных последовательностях помимо сокращения матрицы сбора данных применяли увеличение числа накоплений, толщины среза и FOV. В исследо-

вании использовали максимальное FOV, сокращенное по PhED (anterior-posterior) до 70–85% (в зависимости от конституции пациента) для уменьшения времени сканирования, TE и временного интервала между эхосигналами – ES (echo spacing). Известно, что повышение числа накоплений приводит к кратному увеличению времени последовательности, тогда как значение SNR увеличивается только в $\sqrt{x}$ раз (где x – количество накоплений) [17, 18]. В данном протоколе применялось число накоплений, равное 2, что позволило максимально эффективно повысить величину SNR до 140%, при увеличении продолжительности исследования на 100%. В связи с тем что при получении DWI интенсивность сигнала важнее пространственного разрешения, была подобрана оптимальная толщина среза в 7,0 мм – для 1,5 Т томографа и 5,0 мм – для 3,0 Т томографа (размер вокселя 1,6×1,6×7,0 и 3,6×3,6×5,0 мм соответственно) согласно рекомендациям Национального института рака (США) и Международного общества магнитного резонанса в медицине [31].

При расчёте ADC-карт использовали два значения фактора диффузии b-value, равные 100 и 800 мм²/с. Известно, что максимальный уровень b-value зависит от поставленных задач и исследуемых органов. Тем не менее общим правилом является подбор такого максимального значения b-value, при котором сигнал от исследуемой патологии превышает сигнал фона в 2 раза [18, 19, 32]. Кроме того, для подавления эффекта перфузии на DWI в богато васкуляризованных тканях минимальное значение b-value должно быть равно или больше 100 мм²/с. Для визуализации всего тела рекомендуется максимальный b-value в диапазоне 750–1000 мм²/с [31, 32]. В предлагаемом протоколе промежуточные факторы диффузии не определялись в связи со значительным увеличением време-

ни исследования и отсутствием положительного влияния на точность измерения коэффициента диффузии [31].

Важным фактором, позволяющим минимизировать артефакты восприимчивости и неомогенности магнитного поля (T2 star blurring и др.), а также уменьшить время сбора данных без снижения SNR, является максимальное сокращение времени TE и ES. Этого можно добиться путем подбора оптимальной ширины полосы сбора данных (bandwidth), уменьшения размеров матрицы и FOV в PhED и использования сбора данных с частичным заполнением k-пространства.

Увеличение bandwidth эффективно сокращает время сбора данных (укорачивает минимальное время TR/TE), нивелирует химический сдвиг вода/жир, приводит к снижению частоты и выраженности артефактов геометрического искажения и чувствительности, уменьшает артефакты от металла, но вызывает снижение SNR (за счет увеличения шума) и, на определенном этапе, приводит к возникновению артефакта Найквиста в процессе преобразования Фурье. В международных рекомендациях по применению DWI в онкологии (Padhani, 2009) в качестве оптимального предлагается диапазон bandwidth, приближенный к 1000–2000 Гц/пиксел [31]. Из-

вестно, что величина bandwidth тесно связана со временем TE и ES. Так, увеличение bandwidth до определенных значений приводит к сокращению TE и ES, а превышение этих значений, напротив, вызывает увеличение TE и ES [17–19]. В предлагаемом протоколе перед подбором оптимальной величины bandwidth последовательно применяли все доступные способы сокращения времени TE и ES (табл. 2).

Увеличение скорости переключения и силы градиентов позволяет сократить ES и TE (и TR). Однако использование быстрого режима переключения градиентов вызывает допустимое (не более 2 °C) повышение удельной поглощенной мощности (SAR) и может привести к изменению профиля срезов и «взаимопроникновению» срезов (cross-talk) [16–18]. Для исключения указанных артефактов без значительных потерь пространственного разрешения использовали межсрезовый интервал, равный 10% от толщины среза.

Необходимо учитывать, что частичное заполнение матрицы k-пространства, с одной стороны, положительно влияет на сокращение ES и времени сбора данных, но с другой – приводит к снижению SNR [17–19]. Оптимального баланса между потерей SNR и уменьшением TE и ES удалось добиться при полноте заполнения k-пространства на 5/8.

Таблица 2

Влияние различных параметров последовательностей на время эхо (TE) и интервал между эхосигналами (ES)

Параметр	Изменение параметров	TE	ES
Матрица	↓	↓	↓
FOV по направлению фазового кодирования	↓	↓	↓
Ширина полосы сбора данных (bandwidth)	Оптимальная*	↓	↓
Phase oversampling	↓	↓	↓
Скорость переключения градиентов	↑	↓	↓
iPAT-фактор	↑	↓	↓
Полнота заполнения k-пространства	↓	↓	↓

* Минимальным значениям TE и ES должна соответствовать определенная ширина полосы сбора данных.

Подбор всех вышеперечисленных параметров позволяет максимально расширить bandwidth без увеличения ES (поскольку одному значению ES соответствует несколько диапазонов bandwidth), что, в свою очередь, создает условия для последовательного сокращения TE и TR.

Появление артефакта Найквиста будет свидетельствовать о завышении bandwidth. Для получения требуемого изображения без артефактов необходимо

снизить bandwidth без изменения других параметров.

В предлагаемом протоколе для 1,5 Т томографа (при bandwidth 1140 Гц/пиксел, ES 0,95 мс, пакете из 33 срезов DWI) TE составило 103 мс, TR – 8600 мс; для 3,0 Т томографа (при bandwidth 2442 Гц/пиксел, ES 0,50 мс, пакете из 55 срезов DWI) TE равнялось 50 мс, TR – 8500 мс.

Подробное описание основных параметров сканирования предлагаемого протокола приведено в таблице 3.

Поскольку введение МР-контрастных препаратов не входило в дизайн исследования, было принято решение отказаться от T1-ВИ по ряду причин. Получение T1-ВИ требует задержки дыхания, в связи с тем что последовательность более чувствительна к двигательным артефактам, а синхронизация с дыханием пациента для получения T1-ВИ крайне затратна по времени [16–18]. Помимо этого, патологический процесс при ЛХ часто локализуется в средостении, где

Таблица 3

Основные параметры сканирования для проведения комплексной МРТ всего тела при ЛХ на 1,5 Т и 3,0 Т томографах

Последовательность	Параметр	1,5 Т томограф	3,0 Т томограф
T2-STIR	Толщина среза/межсрезное расстояние	4,0/-0,28 мм	6,0/-0,25 мм
	Количество срезов	52	36
	TR/TE, TI	2200/122, 160 мс	1400/87, 210 мс
	FOV	450×337,5 мм (75%)	500×359,5 мм (71,9%)
	Матрица (размер вокселя)	384×384 (1,2×1,2×4,0 мм)	256×256 (2,0×2,0×5,0 мм)
	Плоскость (проекция) сканирования	Коронарная	Коронарная
	Число накоплений сигнала/PAT	1,4/2	1/3
	Количество шагов смещений стола при росте пациента до 190 см	5* + 2**	4* + 2**
	Время одной последовательности/общее время	1 мин 50 с*, 3 мин 12 с**/15 мин 34 с	0 мин 50 с*, 3 мин 0 с**/9 мин 19 с
T2-HASTE	Толщина среза/межсрезное расстояние	5,0/0,05 мм	5,0/0,25 мм
	Количество срезов	42	36
	TR/TE	1500/97 мс	1400/87 мс
	FOV	450×337,5 мм (75%)	500×359,5 мм (71,9%)
	Матрица (размер вокселя)	256×256 (1,8×1,8×5,0 мм)	256×256 (2,0×2,0×5,0 мм)
	Плоскость (проекция) сканирования	Коронарная	Коронарная
	Число накоплений сигнала/PAT	1/1	1/3
	Количество шагов смещений стола при росте пациента до 190 см	5* + 2**	4* + 2**
	Время одной последовательности/общее время	1 мин 02 с*, 1 мин 57 с**/9 мин 36 с	0 мин 50 с*, 3 мин 0 с**/9 мин 19 с
DWI (b-value = 100 и 800 мм ² /с)	Толщина среза/межсрезное расстояние	7,0/0,35 мм	7,0/0,07 мм
	TR/TE, TI	8600/103, 160 +FS	8500/50, SPAIR
	FOV	450×270 (59,9%)	460×345 (75,0%)
	Матрица (размер вокселя)	274×274 (1,6×1,6×7,0 мм)	128×128 (3,6×3,6×5,0 мм)
	Плоскость (проекция) сканирования	Аксиальная	Аксиальная
	Число накоплений сигнала/PAT	2/1	2/2
	Количество срезов в одной группе/количество групп срезов	25/6	55/3
	Время одной последовательности/общее время	1 мин 52 с/11 мин 12 с	2 мин 08 с / 6 мин 24 с
	Количество направлений измерения диффузии	3	3

* Без дыхательного триггера; ** с дыхательным триггером.

наблюдаются артефакты от движения миокарда, и для получения T1-ВИ требуется синхронизация с ритмом сердечных сокращений, что значительно увеличивает время исследования [16–18]. При использовании больших FOV, что подразумевается при исследовании всего тела, на T1-ВИ более выражены краевые артефакты по сравнению с T2-ВИ [16–18]. При этом T2-ВИ обеспечивает отображение анатомических структур в той же мере, но с лучшим относительным контрастом очагов лимфоматозного поражения, чем T1-ВИ.

При отработке протокола сканирования у 10 больных с ЛХ были проанализированы T1-ВИ в коронарной плоскости (T1 VIBE – volume interpolated gradient echo – сверхбыстрая 3D градиент-эхо импульсная последовательность с неполным заполнением матрицы k-пространства). При этом дополнительной диагностически важной информации на T1-ВИ получено не было. В итоге сокращение общего времени исследования при отказе от T1-ВИ, при условии использования сверхбыстрых последовательностей, составило около 4 мин. Таким образом, общее время сканирования по протоколу на 1,5 Т томографе составило 32 мин 54 с (среднее фактическое 38 мин 48 с $\pm$ 4 мин 21 с), на 3,0 Т томографе – 25 мин 00 с (среднее фактическое 33 мин 23 с $\pm$ 4 мин 17 с).

Для определения истинной чувствительности и специфичности МРТ-ВТ по сравнению с «золотым стандартом» – ПЭТ с ^{18}F -ФДГ были проанализированы данные 63 пациентов, прошедших первичное стадирование ЛХ с помощью МРТ-ВТ и ПЭТ. У каждого пациента были оценены 10 областей, поражение которых влияет на определение стадии заболевания. Выделялись следующие поражения, значимые для стадирования ЛХ: одной группы ЛУ или лимфатического органа; 2 и более групп ЛУ по одну сторону (выше или ниже) диа-

фрагмы; 2 и более групп ЛУ по обе стороны диафрагмы; костного мозга; ЦНС; легких; экстралимфатических органов – диссеминированное; экстралимфатических органов – локальное; массивное – средостения или периферических ЛУ; селезенки. В каждой из перечисленных областей при помощи МРТ-ВТ оценивалось наличие или отсутствие поражения лимфоматозным процессом. Затем полученные результаты сопоставлялись с данными референтного метода – ПЭТ. В случае обнаружения патологических изменений в оцениваемой области по данным двух методов (МРТ-ВТ и ПЭТ) результаты считались истинно положительными (ИП). Случаи, в которых оба метода не выявляли патологических изменений, считались истинно отрицательными (ИО). Ложноположительными (ЛП) считались случаи, в которых при МРТ-ВТ не обнаружено поражение в оцениваемой области, а данные ПЭТ этого не подтверждали. Ложноотрицательными (ЛО) считались результаты, если МРТ-ВТ пропускала поражения там, где они визуализировались по ПЭТ. Всего было оценено 1260 областей. Общее число ИП-результатов при МРТ-ВТ составило 125, ИО-результатов – 502, ЛП-результатов – 2, ЛО-результатов – 1. Доля истинно положительных результатов и соответственно чувствительность МРТ-ВТ вычислялась по формуле: $[\text{ИП}/(\text{ИП}+\text{ЛО})]\times 100\%$ и была равна: $[125/(125+1)]\times 100\% = 99,20\%$. Интервальная оценка с построением 95% доверительных интервалов для биномиального распределения показала, что с 95% достоверностью истинная чувствительность метода МРТ-ВТ для стадирования ЛХ будет колебаться в пределах от 97,6 до 100%. Специфичность МРТ-ВТ вычислялась по формуле: $[\text{ИО}/(\text{ИО}+\text{ЛП})]\times 100\%$ и составила $[502/(502+2)]\times 100\% = 99,6\%$. Построение 95%-х доверительных интервалов на основании биномиального распределения позволило с 95%-й досто-

верностью утверждать, что истинная специфичность метода МРТ-ВТ для стадирования ЛХ будет колебаться в пределах от 99,05 до 100%.

Заключение

Высокие чувствительность и специфичность МРТ-ВТ, сопоставимые с таковыми у ПЭТ, позволяют рекомендовать этот метод для оценки первичной распространенности опухолевого процесса при ЛХ. Предлагаемый протокол МРТ-ВТ без контрастного усиления для 1,5 Т и 3,0 Т томографов позволяет получать в рамках одного исследования анатомические (T2-ВИ) и функциональные (DWI с оценкой истинного коэффициента диффузии) МР-изображения нодальных и экстранодальных поражений при ЛХ без увеличения временных затрат, модернизации оборудования и программного обеспечения. Применение данного протокола повышает качество лучевой диагностики ЛХ при одновременном снижении лучевой нагрузки на пациента.

Литература

1. Новик А.А. Классификация злокачественных лимфом. СПб: ЭЛБИ; 2000.
2. Поддубная И.В., Савченко В.Г. (ред.) Российские клинические рекомендации по диагностике и лечению лимфопролиферативных заболеваний. М.: Медиа Медика; 2013.
3. Mariotto A.B., Yabroff K.R., Shao Y. et al. Projections of the cost of cancer care in the United States: 2010–2020. *J. National Cancer Inst.* 2011; 103 (2): 117–28.
4. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2005 г. *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН.* 2007; 18 (2): 1.
5. Howlader N., Noone A.M., Krapcho M. et al. SEER Cancer Statistics Review, 1975–2011. [Электронный ресурс]. 2013. Available at: http://seer.cancer.gov/csr/1975_2011/
6. Демина Е.А., Тумян Г.С., Унукова Е.Н. и др. Современные воз-

- возможности лечения первичных больных лимфомой Ходжкина и причины неудач лечения. *Онкогематология*. 2007; 2: 24–30.
7. Демина Е.А. Лимфома Ходжкина: прогностические признаки сегодня. *Современная онкология*. 2006; 8 (4): 4–8.
 8. Труфанов Г.Е., Рязанов В.В., Дмитращенко А.А. и др. Совмещенная позитронно-эмиссионная и компьютерная томография в онкологии. СПб: Элби-СПб; 2005.
 9. Nogami M., Nakamoto Y., Sakamoto S. et al. Diagnostic performance of CT, PET, side-by-side, and fused image interpretations for restaging of non-Hodgkin lymphoma. *Ann. Nucl. Med.* 2007; 21 (4): 189–96.
 10. Schöder H., Larson S.M., Yeung H.W.D. PET/CT in oncology: integration into clinical management of lymphoma, melanoma, and gastrointestinal malignancies. *J. Nucl. Med.* 2004; 45 (Suppl. 1): 72S–81S.
 11. Tatsumi M., Kitayama H., Sugahara H. et al. Whole-body hybrid PET with 18F-FDG in the staging of non-Hodgkin's lymphoma. *J. Nucl. Med.* 2001; 42 (4): 601–8.
 12. Juweid M.E., Stroobants S., Hoekstra O.S. et al. Use of positron emission tomography for response assessment of lymphoma: consensus of the Imaging Subcommittee of International Harmonization Project in Lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25 (5): 571–8.
 13. Cheson B.D., Fisher R.I., Barrington S.F. et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and Non-Hodgkin lymphoma: The Lugano Classification. *J. Clin. Oncol.* 2014; C. JCO. 2013.54.8800.
 14. Cheson B.D., Pfistner B., Juweid M.E. et al. Revised response criteria for malignant lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25 (5): 579–86.
 15. Зыков Е.М., Поздняков А.В., Костеников Н.А. Рациональное использование ПЭТ и ПЭТ-КТ в онкологии. *Практическая онкология*. 2014; 15 (1): 31.
 16. Plenge E., Poot D.H.J., Bernsen M. Super resolution methods in MRI: Can they improve the trade off between resolution, signal to noise ratio, and acquisition time? *Magn. Reson. Med.* 2012; 68 (6): 1983–93.
 17. Haacke E.M., Brown R.W., Thompson M.R. et al. Magnetic resonance imaging: Physical principles and sequence design. New York: Wiley; 1999.
 18. Hashemi R.H., Bradley W.G., Lisanti C.J. MRI: the basics. Lippincott: Williams & Wilkins; 2012.
 19. McRobbie D.W., Moore E.A., Graves M.J. et al. MRI from picture to proton. Cambridge University Press; 2007.
 20. Heidemann R.M., Özsarlak Ö., Parizel P.M. et al. A brief review of parallel magnetic resonance imaging. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (10): 2323–37.
 21. Pruessmann K.P. Encoding and reconstruction in parallel MRI. *NMR in Biomedicine*. 2006; 19 (3): 288–99.
 22. Pipe J.G. Motion correction with PROPELLER MRI: application to head motion and free-breathing cardiac imaging. *Magn. Reson. Med.* 1999; 42 (5): 963–9.
 23. Lustig M., Donoho D., Pauly J.M. Sparse MRI: The application of compressed sensing for rapid MR imaging. *Magn. Reson. Med.* 2007; 58 (6): 1182–95.
 24. Plenge E., Poot D.H.J., Bernsen M. Super resolution methods in MRI: Can they improve the trade off between resolution, signal to noise ratio, and acquisition time? *Magn. Reson. Med.* 2012; 68 (6): 1983–93.
 25. Blaimer M. SMASH, SENSE, PILS, GRAPPA: how to choose the optimal method. *Top. Magn. Reson. Imag.* 2004; 15 (4): 223–36.
 26. Малая медицинская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия; 1991; 2.
 27. Cuttillo A.G., Goodrich K.C., Ganesan K. et al. Alveolar air/tissue interface and nuclear magnetic resonance behavior of normal and edematous lungs. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1995; 151: 1018–26.
 28. Yu J.S., Kim K.W., Kim Y.H. et al. Comparison of multishot turbo spin echo and HASTE sequences for T2 weighted MRI of liver lesions. *J. Magn. Reson. Med.* 1998; 8 (5): 1079–84.
 29. Кулаков В.И. Гинекология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007: 737–48.
 30. Vogt F.M., Herborn C.U., Hunold P. et al. HASTE MRI versus chest radiography in the detection of pulmonary nodules: comparison with MDCT. *Am. J. Roentgenol.* 2004; 183 (1): 71–8.
 31. Delfaut E.M., Beltran J., Johnson G. et al. Fat suppression in MR imaging techniques and pitfalls. *Radiographics*. 1999; 19 (2): 373–82.
 32. Padhani A.R., Liu G., Mu-Koh D. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations. *Neoplasia*. 2009; 11 (2): 102–25.
 33. Anderson A.W., Gore J.C. Analysis and correction of motion artifacts in diffusion weighted imaging. *Magn. Reson. Med.* 1994; 32 (3): 379–87.
 34. Basser P.J., Mattiello J., LeBihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *J. Magn. Reson. Med. Series B*. 1994; 103 (3): 247–54.
 35. Beaulieu C. The basis of anisotropic water diffusion in the nervous system – a technical review. *NMR Biomed.* 2002; 15 (78): 435–55.
 36. Takahara T., Imai Y., Yamashita T. et al. Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression (DWIBS): technical improvement using free breathing, STIR and high resolution 3D display. *Matrix*. 2004; 160 (160): 275–82.
 37. Koh D.M., Collins D.J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology. *Am. J. Roentgenol.* 2007; 188 (6): 1622–35.
 38. Kwee T.C., Takahara T., Ochiai R. et al. Diffusion-weighted whole-body imaging with background body signal suppression (DWIBS): features and potential applications in oncology. *Eur. Radiol.* 2008; 18 (9): 1937–52.

References

1. Novik A.A. Classification of malignant lymphomas. St. Petersburg; 2000 (in Russian).
2. Poddubnaya I.V., Savchenko V.G. (eds). Russian clinical recommendations for diagnosis and treatment of lymphoproliferative diseases. Moscow; 2013 (in Russian).
3. Mariotto A.B., Yabroff K.R., Shao Y. et al. Projections of the cost of cancer care in the United States: 2010–2020. *J. National Cancer Inst.* 2011; 103 (2): 117–28.
4. Davydov M.I., Aksel' E.M. Cancer statistics in Russia and the CIS countries in 2005. *Vestnik Rossiyskogo Onkologicheskogo Nauchnogo*

- Tsentra imeni N.N. Blokhina*. 2007; 18 (2): 1 (in Russian).
5. Howlader N., Noone A.M., Krapchoet M. et al. SEER Cancer Statistics Review, 1975–2011. [Электронный ресурс]. 2013. Available at: http://seer.cancer.gov/csr/1975_2011/
 6. Demina E.A., Tumyan G.S., Unukova E.N. et al. Modern treatment programs for primary Hodgkin's lymphoma and reasons of treatment failure. *Onkogematologiya*. 2007; 2: 24–30 (in Russian).
 7. Demina E.A. Hodgkin's lymphoma: prognostic signs today. *Sovremennaya onkologiya*. 2006; 8 (4): 4–8 (in Russian).
 8. Trufanov G.E., Ryazanov V.V., Dmitrashchenko A.A. et al. Combined positron emission tomography and computed tomography in oncology. St. Petersburg: Elbi-SPb; 2005 (in Russian).
 9. Nogami M., Nakamoto Y., Sakamoto S. et al. Diagnostic performance of CT, PET, side-by-side, and fused image interpretations for restaging of non-Hodgkin lymphoma. *Ann. Nucl. Med.* 2007; 21 (4): 189–96.
 10. Schöder H., Larson S.M., Yeung H.W.D. PET/CT in oncology: integration into clinical management of lymphoma, melanoma, and gastrointestinal malignancies. *J. Nucl. Med.* 2004; 45 (Suppl. 1): 72S–81S.
 11. Tatsumi M., Kitayama H., Sugahara H. et al. Whole-body hybrid PET with 18F-FDG in the staging of non-Hodgkin's lymphoma. *J. Nucl. Med.* 2001; 42 (4): 601–8.
 12. Juweid M.E., Stroobants S., Hoekstra O.S. et al. Use of positron emission tomography for response assessment of lymphoma: consensus of the Imaging Subcommittee of International Harmonization Project in Lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25 (5): 571–8.
 13. Cheson B.D., Fisher R.I., Barrington S.F. et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and Non-Hodgkin lymphoma: The Lugano Classification. *J. Clin. Oncol.* 2014; C. JCO. 2013.54.8800.
 14. Cheson B.D., Pfistner B., Juweid M.E. et al. Revised response criteria for malignant lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25 (5): 579–86.
 15. Zykov E.M., Pozdnyakov A.V., Kostenikov N.A. Rational use of PET and PET-CT in Oncology. *Prakticheskaya onkologiya*. 2014; 15 (1): 31 (in Russian).
 16. Plenge E., Poot D.H.J., Bernsen M. Super resolution methods in MRI: Can they improve the trade off between resolution, signal to noise ratio, and acquisition time? *Magn. Reson. Med.* 2012; 68 (6): 1983–93.
 17. Haacke E.M., Brown R.W., Thompson M.R. et al. Magnetic resonance imaging: Physical principles and sequence design. New York: Wiley; 1999.
 18. Hashemi R.H., Bradley W.G., Lisanti C.J. MRI: the basics. Lippincott: Williams & Wilkins; 2012.
 19. McRobbie D.W., Moore E.A., Graves M.J. et al. MRI from picture to proton. Cambridge University Press; 2007.
 20. Heidemann R.M., Özsarlak Ö., Parizel P.M. et al. A brief review of parallel magnetic resonance imaging. *Eur. Radiol.* 2003; 13 (10): 2323–37.
 21. Pruessmann K.P. Encoding and reconstruction in parallel MRI. *NMR in Biomedicine*. 2006; 19 (3): 288–99.
 22. Pipe J.G. Motion correction with PROPELLER MRI: application to head motion and free-breathing cardiac imaging. *Magn. Reson. Med.* 1999; 42 (5): 963–9.
 23. Lustig M., Donoho D., Pauly J.M. Sparse MRI: The application of compressed sensing for rapid MR imaging. *Magn. Reson. Med.* 2007; 58 (6): 1182–95.
 24. Plenge E., Poot D.H.J., Bernsen M. Super resolution methods in MRI: Can they improve the trade off between resolution, signal to noise ratio, and acquisition time? *Magn. Reson. Med.* 2012; 68 (6): 1983–93.
 25. Blaimer M. SMASH, SENSE, PILS, GRAPPA: how to choose the optimal method. *Top. Magn. Reson. Imag.* 2004; 15 (4): 223–36.
 26. Small Medical Encyclopedia. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya; 1991; 2 (in Russian).
 27. Cuttillo A.G., Goodrich K.C., Ganesan K. et al. Alveolar air/tissue interface and nuclear magnetic resonance behavior of normal and emphysematous lungs. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1995; 151: 1018–26.
 28. Yu J.S., Kim K.W., Kim Y.H. et al. Comparison of multishot turbo spin echo and HASTE sequences for T2 weighted MRI of liver lesions. *J. Magn. Reson. Med.* 1998; 8 (5): 1079–84.
 29. Kulakov V.I. Gynecology: national guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2007: 737–48 (in Russian).
 30. Vogt F.M., Herborn C.U., Hunold P. et al. HASTE MRI versus chest radiography in the detection of pulmonary nodules: comparison with MDCT. *Am. J. Roentgenol.* 2004; 183 (1): 71–8.
 31. Delfaut E.M., Beltran J., Johnson G. et al. Fat suppression in MR imaging techniques and pitfalls. *RadioGraphics*. 1999; 19 (2): 373–82.
 32. Padhani A.R., Liu G., Mu-Koh D. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations. *Neoplasia*. 2009; 11 (2): 102–25.
 33. Anderson A.W., Gore J.C. Analysis and correction of motion artifacts in diffusion weighted imaging. *Magn. Reson. Med.* 1994; 32 (3): 379–87.
 34. Basser P.J., Mattiello J., LeBihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *J. Magn. Reson. Med.* Series B. 1994; 103 (3): 247–54.
 35. Beaulieu C. The basis of anisotropic water diffusion in the nervous system – a technical review. *NMR Biomed.* 2002; 15 (78): 435–55.
 36. Takahara T., Imai Y., Yamashita T. et al. Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression (DWIBS): technical improvement using free breathing, STIR and high resolution 3D display. *Matrix*. 2004; 160 (160): 275–82.
 37. Koh D.M., Collins D.J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology. *Am. J. Roentgenol.* 2007; 188 (6): 1622–35.
 38. Kwee T.C., Takahara T., Ochiai R. et al. Diffusion-weighted whole-body imaging with background body signal suppression (DWIBS): features and potential applications in oncology. *Eur. Radiol.* 2008; 18 (9): 1937–52.

Поступила 09.10.2014

Результаты эмболизации маточных артерий в лечении симптомной миомы матки

М.Т. Алиакпаров², д. м. н., профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, заведующий кафедрой визуальной диагностики;

Б.Х. Абишев¹, д. м. н., профессор, заведующий отделением лучевой диагностики;

Д.М. Тажибаев^{1,2}, врач лучевой диагностики;

Е.С. Питель², к. м. н., ассистент кафедры визуальной диагностики

¹ АО «Национальный научный центр материнства и детства», пр-т Туран, 32, Астана, 010000, Казахстан;

² Карагандинский государственный медицинский университет, ул. Гоголя, 40, Караганда, 100000, Казахстан

Results of uterine artery embolization in the treatment of symptomatic uterine myoma

M.T. Aliakparov², MD, PhD, DSc, Professor, Academician of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of Department of Imaging;

B.Kh. Abishev¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Radiology Department;

D.M. Tazhibaev^{1,2}, Radiologist;

E.S. Pitel², MD, PhD, Assistant of Department of Imaging

¹ National Research Center of Maternity and Childhood, prospekt Turan, 32, Astana, 010000, Kazakhstan;

² Karaganda State Medical University, ul. Gogolya, 40, Karaganda, 100000, Kazakhstan

Цель исследования – оценить состояние матки и миоматозных узлов после эмболизации маточных артерий (ЭМА) в различные сроки методами ультразвукового исследования (УЗИ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Материал и методы. ЭМА была выполнена у 632 пациенток с различными формами миомы матки. Для достижения поставленной цели было проанализировано 120 наблюдений с различными формами миомы матки.

Результаты. Уменьшение миоматозных узлов по данным УЗИ и МРТ в 1-й мес составило соответственно 18,4 и 17,3%, через 3 мес – 40,7 и 42,9%, через 6 мес – 60,4 и 61,8%, через 12 мес – 72,5 и 74,7% ($p < 0,05$).

Выделение фрагментов некротизированного узла, экспульсия миоматозных узлов и удаление частично рождающегося субмукозного узла наблюдались в 18 (15%) случаях. В 12 (10%) наблюдениях после эмболизации маточных артерий была выполнена лапароскопическая миомэктомия субсерозных миоматозных узлов. Интраоперационная кровопотеря при этом составила 50–80 мл.

Заключение. ЭМА является органосохраняющим, высокоэффективным методом лечения миомы матки, выполняемым в зависимости от разных форм изолированно или в комбинации с оперативным вмешательством.

Objective: to evaluate the uterus and myomatous nodules by ultrasonography and magnetic resonance imaging in different periods after uterine artery embolization (UAE).

Material and methods. UAE was performed in 632 patients with different forms of uterine myoma. With this aim in mind, 120 cases with different forms of uterine myoma were analyzed.

Results. Following 1, 3, 6, and 12 months, the reduction in myomatous nodules was estimated to be 18.4 and 17.3, 40.7 and 42.9, 60.4 and 61.8 and 72.5 and 74.7%, respectively ($p < 0.05$).

Necrotic exposure of a nodule, expulsion of myomatous nodules, and removal of a partially nascent submucous nodule were observed in 18 (15%) patients. Laparoscopic myomectomy of subserous myomatous nodules was carried out in 12 (10%) cases after UAE. In doing this, intraoperative blood loss was 50–80 ml.

Conclusion. UAE is an organ-sparing, highly effective uterine myoma treatment performed alone or in combination with surgery in relation to its different forms.

Введение

Миома матки является одним из наиболее распространенных опухолевых заболеваний женских половых органов. Частота встречаемости этого заболевания, согласно результатам исследований аутопсийного материала, колеблется от 70 до 85%. Симптомная миома матки в воз-

расте от 20 до 30 лет встречается у 5–7% женщин, в 30–40-летнем возрасте – у 20–25% женщин, у достигших пременопаузального возраста частота лейомиом достигает 30–35%, а по данным некоторых авторов, 40% [1–3].

Эмболизация маточных артерий (ЭМА) при миоме, предложенная J. Ravina в 1994 г., послу-

Ключевые слова: эмболизация, рентгеноэндоваскулярная окклюзия, магнитно-резонансная томография, миома матки

Index terms: embolization, X-ray endovascular occlusion, magnetic resonance imaging, uterine myoma

жила основой для развития нового органосохраняющего внутрисосудистого метода лечения этой распространенной гинекологической патологии.

Материал и методы

Чрескожная чрескатетерная ЭМА как метод лечения миомы матки проведена 632 пациенткам в возрасте от 20 до 50 лет (средний возраст 35,5 года). Исходный диаметр миоматозных узлов по данным УЗИ и МРТ варьировал от 3,0 до 14,0 см. У 449 (71%) женщин наблюдались множественные миомы, у 183 (29%) пациенток – одиночный узел.

Субмукозная форма при МРТ- и УЗИ-обследованиях выявлена у 57 (9%), интерстициальная – у 189 (29,9%), смешанная – у 386 (61,1%) женщин.

Всем больным проведен комплекс лабораторно-инструментальных методов исследования.

Первичная визуализация и последующее наблюдение за изменениями объема матки, миоматозных узлов и их структуры осуществлялись по данным ультразвукового и магнитно-резонансного исследований.

Результаты и обсуждение

Для достижения поставленной цели нами было проанализировано 120 наблюдений с различными формами миомы матки. Все больные находились на стационарном лечении в Национальном научном центре материнства и детства.

По данным литературных источников двухсторонняя эмболизация маточных артерий выполняется удачно у 96–100% пациенток. В редких случаях суперселективную катетеризацию и эмболизацию одной из артерий выполнить не удается [4].

В нашей работе суперселективная билатеральная катетеризация маточных артерий выполнена в 98,9% случаев. Односторонняя эмболизация артерий миоматозного узла на стороне доминирующего кровоснабжения выполнена у 1 пациентки.

Еще в 1 наблюдении при тазовой артериографии маточная артерия с одной стороны не визуализировалась, и была выполнена монолатеральная эмболизация. В обоих случаях монолатеральная ЭМА оказалась эффективной по данным динамического наблюдения (УЗИ и МРТ). Такой феномен объясняется анастомозированием сосудов и попаданием окклюзирующих материалов в артериальную систему контралатеральной стороны при перераспределении кровотока во время процедуры эмболизации [5].

В исследовании R.L. Worthington-Kirch при трансфеморальном доступе у 1 пациентки после ЭМА выявлена диссекция на уровне пункции, еще в 1 (1,0%) наблюдении отмечался ангиоспазм сосудов нижней конечности на стороне пункции [5]. Упоминание о развитии таких осложнений встречается и в других публикациях. Гематома места пункции, перфорация артерий и диссекция интимы, по разным данным, отмечаются в 1,6–3,2% случаев [6–8].

Для внутрисосудистой эмболизации маточных артерий нами использовались частицы ПВА и микросферы 355–1500 мкн.

ЭМА считалась завершенной при остановке кровотока по маточным артериям или при остановке кровотока в дистальных отделах маточной артерии. Согласно литературным данным [9, 10], для эффективной эмболизации и ретроградного сброса эмболизирующего материала в близлежащие ветви внутренней подвздошной артерии необходимо довести кончик катетера до уровня L-образного изгиба маточной артерии и достичь эффекта «стоп-контраст» по маточным артериям (рис. 1).

После внутрисосудистого вмешательства уменьшение болевого синдрома, связанного с миомами

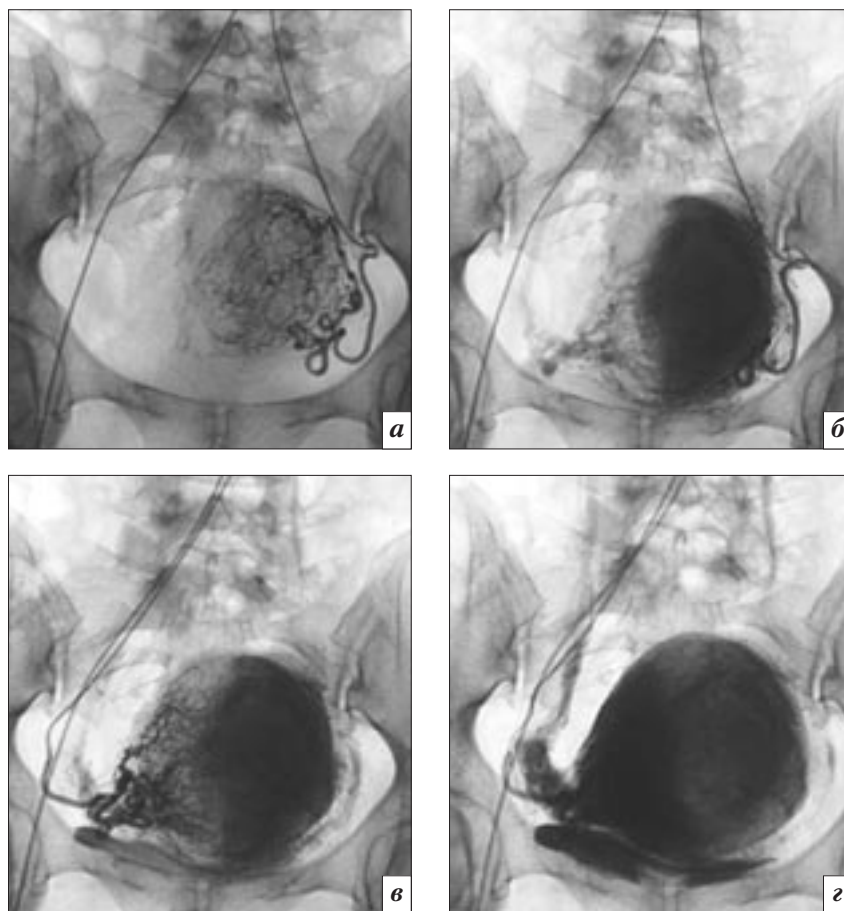


Рис. 1. Этапы ЭМА: а, б – до и после эмболизации левой маточной артерии; в, г – до и после эмболизации правой маточной артерии.

матки, нормализация длительности менструации и кровотечения при менструации, других симптомов, связанных с миомами матки, наблюдались у 95,4% пациенток. По данным некоторых авторов [6, 11], выраженность симптомов, связанных с миомой матки, после эндоваскулярной окклюзии уменьшается на 75–96%.

Уменьшение объема миоматозных узлов через 1–6 мес после ЭМА составляет, по разным данным, 27–70% [1, 12].

В нашем исследовании ($n=90$) уменьшение миоматозных узлов, согласно результатам УЗИ и МРТ, в 1-й мес после ЭМА составило соответственно 18,4 и 17,3% ($p<0,05$), через 3 мес – 40,7 и 42,9% ($p<0,05$), через 6 мес – 60,4 и 61,8% ($p<0,05$), через 12 мес – 72,5 и 74,7% ($p<0,05$) (рис. 2).

По данным МРТ в динамике наблюдаются уменьшение диаметра, деформация миоматозного узла, изменения интенсивности МР-сигнала миоматозного узла (рис. 3). Уменьшение объема матки было прямо пропорционально уменьшению объема миоматозных узлов.

Выделение фрагментов некротизированных узлов многие авторы расценивают как осложнение после проведенного внутрисосудистого вмешательства. По разным данным, оно встречается в 5–6% случаев, преимущественно при субмукозном расположении узлов [6, 13]. В нашей работе выделение фрагментов

некротизированного узла, экспульсия миоматозных узлов и удаление частично рождающегося субмукозного узла наблюдались в 18 (15%) случаях (рис. 4). Чрезвычайно высокую экспульсию подслизистых узлов S. Abbaga et al. (1999 г.) считают наиболее радикальным эффектом внутрисосудистой терапии миомы. После экспульсии миоматозного узла восстанавливается топография полости матки.

В нашей работе в 12 (10%) наблюдениях на 2-е сут после ЭМА с целью предотвращения отслойки и кровотечения субсерозных миоматозных узлов была выполнена лапароскопическая миомэктомия. Интраоперационная кровопотеря при этом составила 50–80 мл (рис. 5).

По данным некоторых авторов [1, 8], кровопотеря при миом-

эктомии без предварительной ЭМА составляет 500–800 мл.

Классическим способом лечения и единственным радикальным методом устранения миомы в настоящее время является гистерэктомия. Консервативная миомэктомия или лапароскопическое удаление миомы позволяют сохранить репродуктивный орган, но являются технически более сложными. Сроки реабилитации после консервативной и лапароскопической миомэктомии намного больше, чем после ЭМА.

Выводы

1. ЭМА является органосохраняющим, высокоэффективным методом лечения миомы матки, выполняемым в зависимости от разных форм изолированно или в комбинации с оперативным вмешательством.

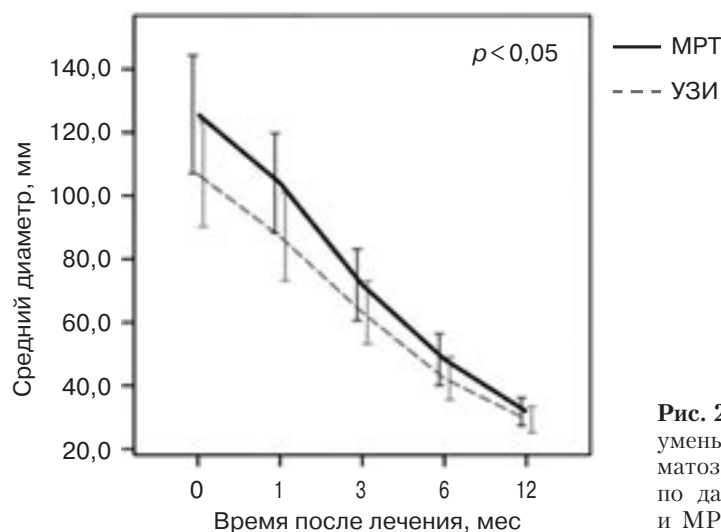


Рис. 2. Динамика уменьшения миоматозных узлов по данным УЗИ и МРТ.

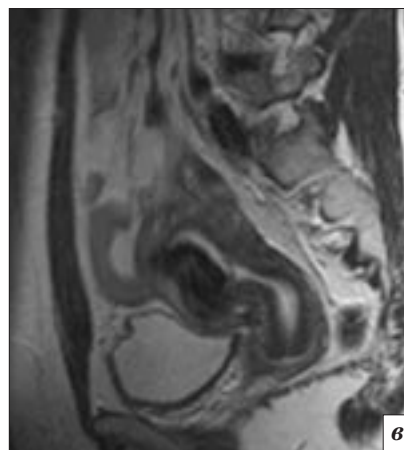


Рис. 3. МР-томограммы до ЭМА (а), через 6 мес (б) и через 12 мес (в) после ЭМА.

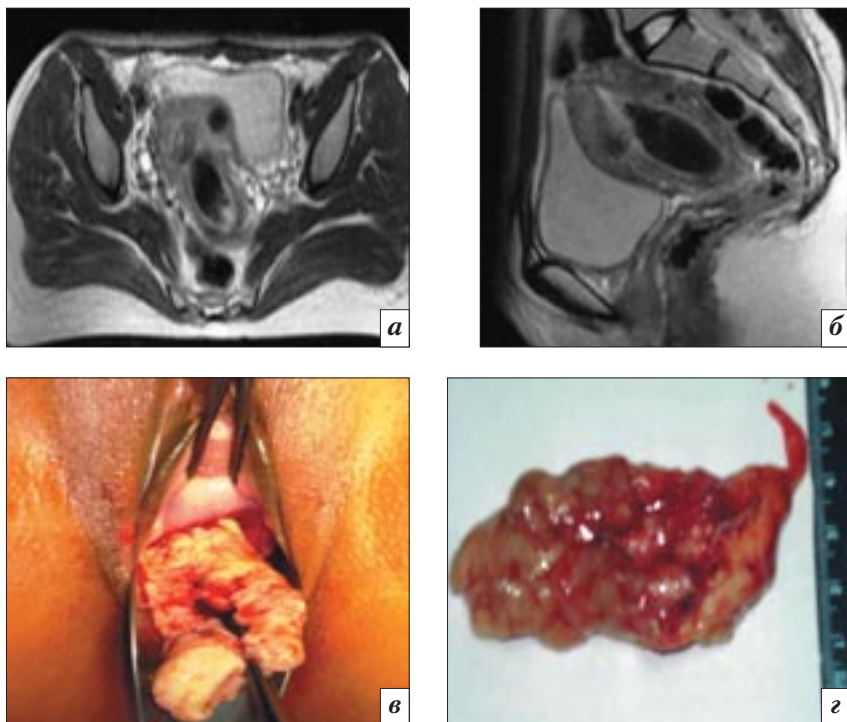


Рис. 4. Рождающийся субмукозный миоматозный узел (а, б, в) и макропрепарат (г).

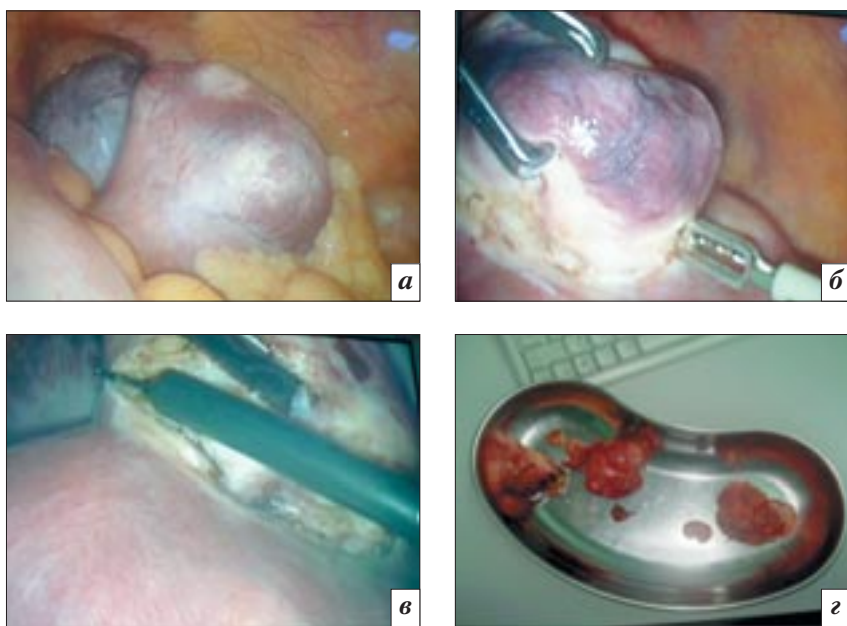


Рис. 5. Этап лапароскопической миомэктомии после ЭМА (а, б, в) и макропрепарат (г).

2. Уменьшение или полное исчезновение клинических проявлений миомы матки отмечается после эмболизации у 95,4% больных.

3. Уменьшение объема миоматозных узлов в течение года после ЭМА по данным УЗИ и МРТ достигает 72,5 и 74,7% соответственно.

4. Предоперационная ЭМА способствует снижению интраоперационной кровопотери.

Литература/References

1. Olive D. Review of the evidence for treatment of leiomyomata. *Environmental Health Perspectives*. 2000; 108 (Suppl. 5): 841–3.
2. Duhan N. Current and emerging treatments for uterine myoma –

an update. *Int. J. Womens Health*. 2011; 3: 231–41.

3. Isonishi S., Coleman R., Hiram M. et al. Analysis of prognostic factors for patients with leiomyoma treated with uterine arterial embolization. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2008; 19: 270–8.
4. Goodwin S., Vedantham S., McLucas B. et al. Preliminary experience with uterine artery embolization for uterine fibroids. *J. Vasc. Intervent. Radiol.* 1997; 8: 517–26.
5. Worthington-Kirsch R.L. Flow redistribution during uterine artery embolization for the management of symptomatic fibroids. *J. Vasc. Intervent. Radiol.* 1999; 10 (2): 237–8.
6. Spies J.B., Ascher S.A., Goodwin S. Uterine artery embolization for leiomyomata. *Obstet. Gynecol.* 2001; 98: 29–34.
7. Brunereau L., Herbreteau D., Gallas et al. Uterine artery embolization in the primary treatment of uterine leiomyomas: Technical features and prospective follow-up with clinical and sonographic examination in 58 patients. *Am. J. Roentgenol.* 2000; 175: 1267–72.
8. Toor S.S., Jaber A., Macdonald D.B., McInnes M.D., Schweitzer M.E., Rasuli P. Complication rates and effectiveness of uterine artery embolization in the treatment of symptomatic leiomyomas: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Roentgenol.* 2012; 199 (5): 1153–63.
9. Vedantham S., Goodwin S., McLucas B., Mohr G. Uterine artery embolization. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1997; 176: 938–48.
10. Bobrov B., Kapranov S., Breusenko V., Dobrokhotova Yu., Krasnova I., Akseanova V., Aryutin D. Uterine artery embolization: a modern view of the problem. *Diagn. Interv. Radiol.* 2007; 1 (2): 56–70.
11. Lumsden M. Embolization versus myomectomy versus hysterectomy: Which is best, when? *Hum. Reprod.* 2002; 17 (2): 253–9.
12. Horhoianu I.A., Horhoianu V.V., Joita D., Carstoiu M., Dorobat B. Uterine artery embolization for leiomyomas, ultrasonography and angiography aspects. *J. Med. Life.* 2012; 5 (4): 491–5.
13. Hutchins F., Worthington-Kirsch R., Berkowitz R. Selective uterine artery embolization as primary treatment for symptomatic leiomyomata uteri: A review of 305 consecutive cases. *J. Am. Assoc. Gynecol. Laparosc.* 1999; 6 (3): 279–89.
14. Abbara S., Spies J., Scailli A. et al. Transcervical expulsion of fibroids result of uterine artery embolization of leiomyomata. *J. Vasc. Intervent. Radiol.* 1999; 10 (4): 409–11.

Поступила 10.04.2014

Химиоэмболизация нерезектабельных метастазов колоректального рака в печень микросферами с лекарственным покрытием

А.В. Скупченко, к. м. н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения;

А.В. Лысенко, ординатор;

Д.Г. Королев, к. м. н., ординатор;

Д.А. Скобельцов, ординатор;

А.С. Рассудишкин, ординатор

ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический диспансер»,
ул. Солнечная, 50, Самара, 443031, Российская Федерация

Chemoembolization for unresectable colorectal liver metastases with drug-eluting microspheres

A.V. Skupchenko, MD, PhD, Head of Department of X-ray Surgical Methods for Diagnosis and Treatment;

A.V. Lysenko, Physician;

D.G. Korolev, MD, PhD, Physician;

D.A. Skobel'tsov, Physician;

A.S. Rassudishkin, Physician

Samara Regional Clinical Oncology Dispensary,
ul. Solnechnaya, 50, Samara, 443031, Russian Federation

Цель исследования – оценка эффективности химиоэмболизации с использованием микросфер DC Bead с иринотеканом во второй линии химиотерапии метастазов колоректального рака в печень.

Материал и методы. С 2008 по 2013 г. 32 пациентам с нерезектабельными метастазами колоректального рака в печень было проведено 78 химиоэмболизаций (в среднем 2,44 одному пациенту). Результаты эмболизации оценивались при помощи компьютерной томографии с использованием RECIST-критериев. Анализ выживаемости проводился с использованием метода Каплана–Майера.

Результаты. Частичный ответ через 3, 6, 12 мес после лечения, согласно критериям RECIST, был выявлен в 4, 2 и 0% случаев соответственно. Стабилизация процесса отмечалась у 67, 53 и 12% пациентов. Полных ответов на лечение не было. Медиана времени до прогрессирования заболевания составила 225 дней, медиана выживаемости – 420 дней. К моменту проведения анализа все пациенты, включенные в исследование, умерли.

Заключение. Химиоэмболизация микросферами с лекарственным покрытием может успешно применяться во второй линии химиотерапии метастазов колоректального рака в печень.

Objective: to evaluate the efficiency of chemoembolization using irinotecan-loaded DC Bead microspheres in the second-line chemotherapy for colorectal liver metastases.

Material and methods. In 2008 to 2013, thirty-two patients with unresectable colorectal liver metastases underwent 78 chemoembolizations (mean 2.44 per patient). The results of embolization were assessed by computed tomography using the Response Evaluation Criteria in Solid Tumors (RECIST) criteria. Survival rates were analyzed applying the Kaplan–Meier method.

Results. According to the RECIST criteria, a partial response at 3, 6, and 12 months of treatment was found in 4, 2, and 0%, respectively. Stabilization was noted in 67, 53, and 12%. There were no complete responses. The median time to disease progression was 225 days; median survival was 420 days. By the study analysis, all the patients included in the study died.

Conclusion. Chemoembolization with drug-eluting microspheres may be successfully used in the second-line chemotherapy of colorectal liver metastases.

Введение

Колоректальный рак занимает одно из ведущих мест в структуре онкологической заболеваемости в России и в мире. Несмотря на совершенствование ранней диагностики, уже на этапе постановки диагноза у 20% больных выявляют отдаленные метастазы, еще у 25–30% их обнаруживают при последующем дина-

мическом наблюдении. Результаты лечения больных с метастатическим колоректальным раком остаются неудовлетворительными, 5-летний рубеж переживают менее 10%. Медиана выживаемости при применении современных схем химиотерапии в первой линии лечения метастатического колоректального рака не превышает 21 мес. Эффектив-

ность первой линии химиотерапии не превышает 57%, а второй линии – 21%.

Ключевые слова:

химиоэмболизация, колоректальный рак, метастазы в печень

Index terms:

chemoembolization, colorectal cancer, liver metastases

Все это диктует необходимость поиска новых путей улучшения результатов лечения метастатического колоректального рака.

Одним из перспективных методов является химиоэмболизация печеночной артерии. Потенциально локальное воздействие на метастазы печени при помощи химиоэмболизации позволяет создать более высокую концентрацию химиопрепарата в опухоли по сравнению с системной химиотерапией, снизить токсичность химиотерапии, добиться некроза опухоли за счет её деваскуляризации.

Материал и методы

С 2008 по 2013 г. в отделении рентгенохирургических методов диагностики и лечения Самарского областного клинического онкологического диспансера 32 больным с метастазами колоректального рака в печень была проведена химиоэмболизация печеночной артерии микросферами с лекарственным покрытием. Соответствующее решение принималось консилиумом в составе хирурга, химиотерапевта и интервенционного радиолога. В группу включались пациенты, не являющиеся кандидатами на оперативное лечение, с преимущественно внутрипечёночными метастатическими поражениями, у которых были выявлены признаки прогрессирования заболевания на фоне не менее одной линии системной химиотерапии. В группу вошли 16 мужчин и 16 женщин. Средний возраст пациентов составил 65 лет (табл. 1).

За сутки до операции больным назначали инфузионную терапию в объеме до 1000 мл.

Эмболизация выполнялась микросферами DC Bead (Tegun) размером 100–300 мкм, под ангиографическим контролем (ангиографический комплекс Innova 4100, General Electric). Во флакон с микросферами по рекомендованной производителем технологии вводилось 100 мг иринотекана. Для одного курса

Характеристика включенных в исследование пациентов

Параметр	Значение
Общая численность	32
Число мужчин/женщин	16/16
Возраст, лет	65 (от 51 до 73)
Поражение печени	
≤ 25%	10
> 25%	22
Синхронное/метахронное поражение печени	6/26
Количество метастазов	5 (от 1 до 14)
Размер метастазов, см	4,0 (2,5–8,0)
Статус по шкале ECOG	
0–1	27
2	5
Внепеченочные метастазы	2
Количество линий химиотерапии 2–3	10
Типы химиотерапии	20 FL, FOLFOX, 5 FOLFOX + bevacizumab 2
РЭА, нг/мл	77 (2,5–611)

эмболизации использовали 1–2 флакона микросфер и 100 – 200 мг иринотекана. В 27 наблюдениях эмболизация правой и левой долевых артерий печени проводилась поочередно, в 5 – одновременно. Критерием окончания процедуры было достижение стаза в сегментарных ветвях печеночной артерии. В сложных случаях для поиска питающих метастазы сосудов и оценки непосредственного результата эмболизации применялась функция 3D CT. Процедура эмболизации проводилась под эпидуральной анестезией и внутривенной седацией. Количество эмболизаций колебалось от 1 до 3 у одного пациента.

В послеоперационном периоде для купирования постэмболизационного синдрома назначались наркотические и ненаркотические анальгетики, антибиотики, блокаторы H-2-рецепторов.

Не ранее чем за месяц до начала лечения и через 3, 6, 9 и 12 мес после его завершения выполнялась компьютерная томография. Исследование осуществлялось на 16-срезовом компьютерном томографе Bright Speed (General Electric), с шагом 2,5 мм, внутривенным контрастным усилением (5 мл йогексола на 1 кг веса). До-

полнительно в те же сроки оценивались показатели онкомаркеров РЭА и СА 19-9.

Оценка ответа опухолей на лечение по данным компьютерной томографии выполнялась согласно критериям RECIST. При расчете показателей выживаемости пациентов использовали программный пакет Statistica 6.0.

Результаты

Полных ответов по критериям RECIST не было выявлено ни в одном наблюдении. Частичный ответ и стабилизация процесса обнаружены в 24 (75%) наблюдениях, прогрессирование заболевания – в 7 (25%). В 3 случаях были выявлены новые внепеченочные метастазы при локальном ответе внутривенных метастазов на проведенное лечение. Через 12 мес после начала лечения признаки прогрессирования были выявлены у всех пациентов (рис. 1, 2).

Медиана времени до начала прогрессирования заболевания составила 225 дней (рис. 3).

Медиана выживаемости составила 420 дней (рис. 4).

У 4 больных на 2–3-и сут после проведения эмболизации развился острый холецистит, связанный с попаданием эмболизата

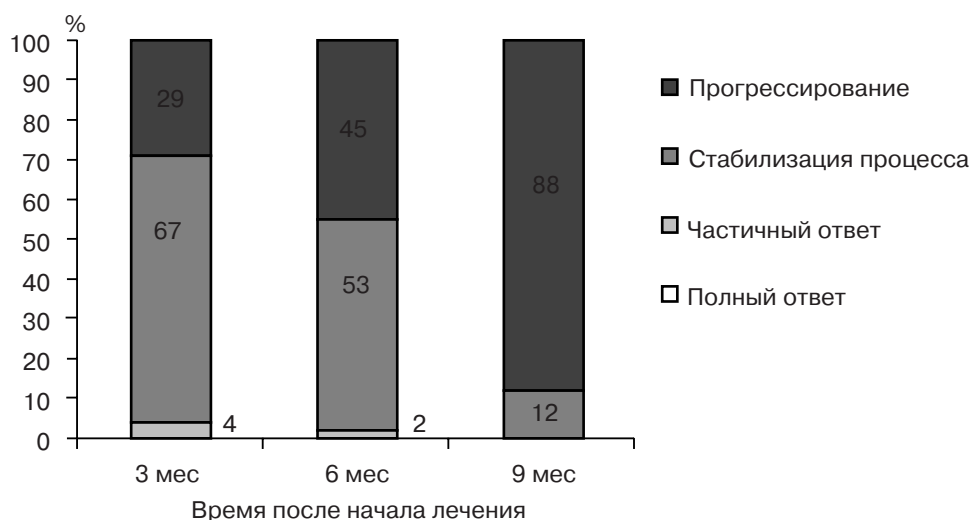


Рис. 1. Оценка ответа опухоли на лечение по данным компьютерной томографии согласно критериям RECIST.

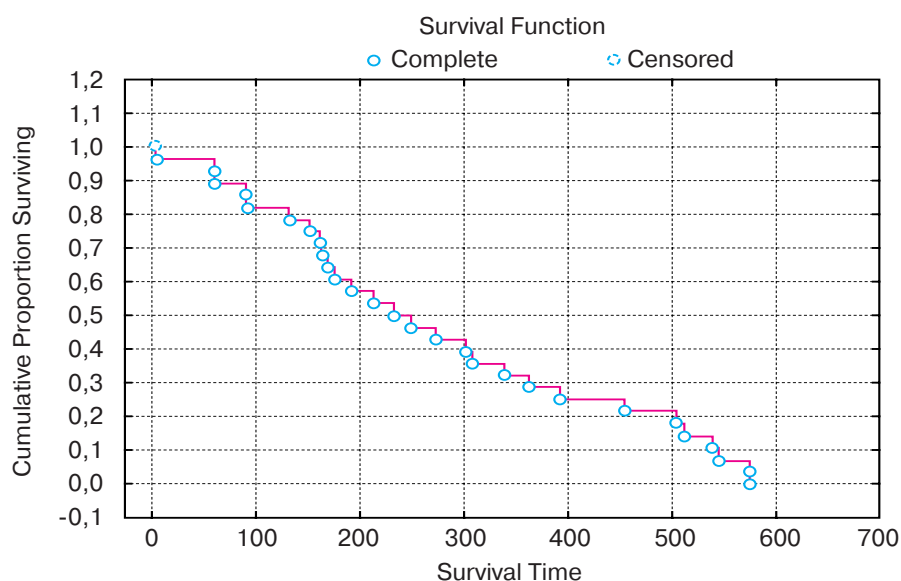
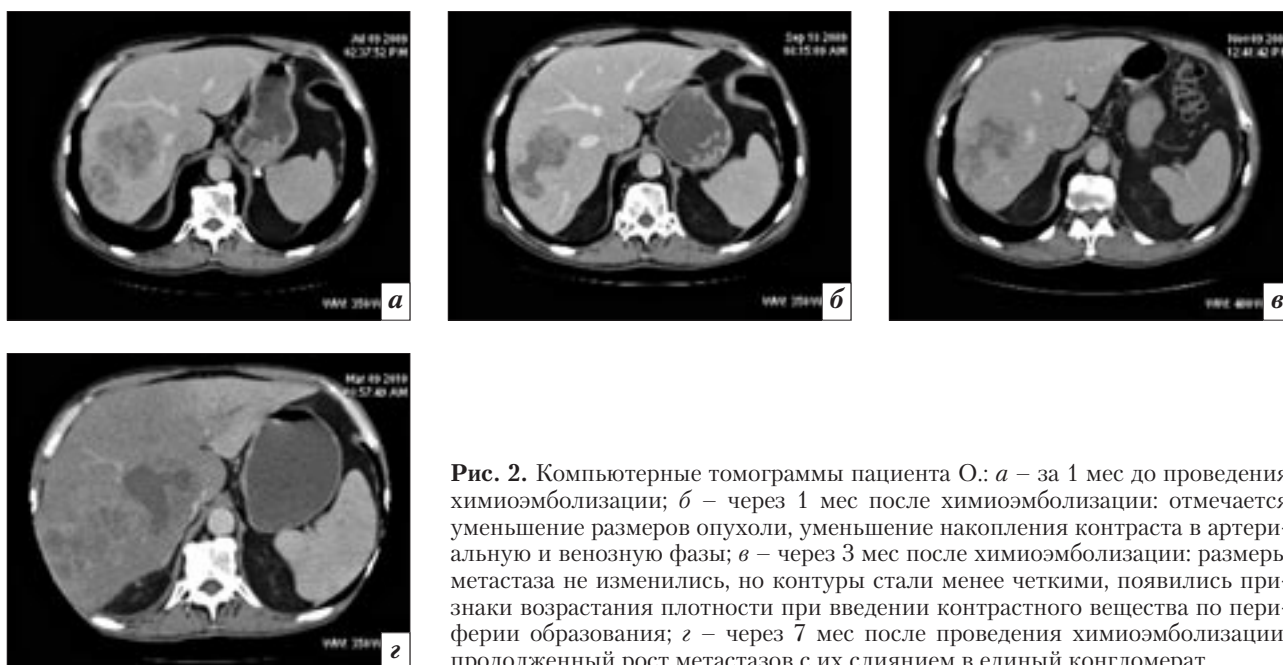


Рис. 3. Время до прогрессирования заболевания.

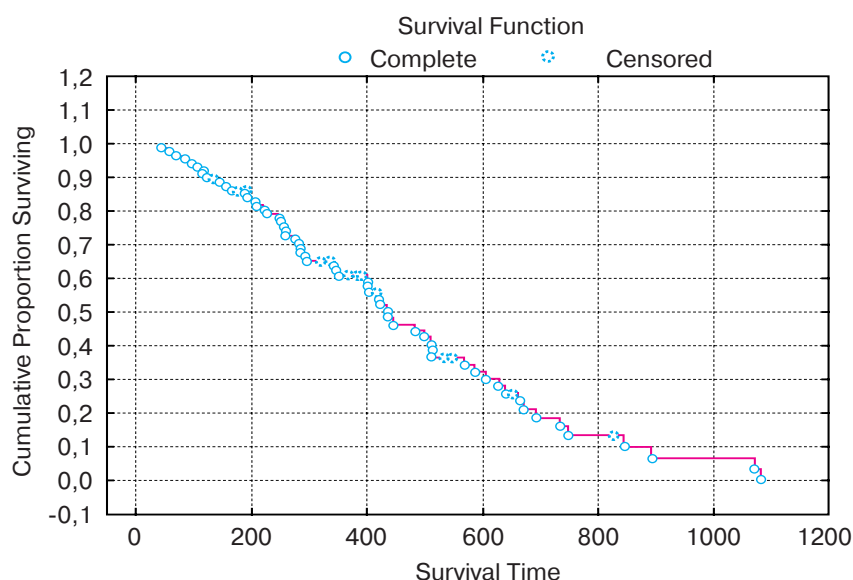


Рис. 4. Медиана выживаемости.

в пузырную артерию. В 2 случаях были наложены пункционные холецистостомы, в остальных 2 случаях проводилось консервативное лечение. В одном наблюдении развился острый панкреатит. Диарея 1–2 ст. по шкале токсичности CTC NCIC была отмечена в 8 наблюдениях, 4 ст. – в 1 случае. Лейкопения 1–2 ст. выявлена у 3 больных.

Обсуждение

Первые публикации о применении химиоэмболизации для лечения метастазов колоректального рака в печень относятся к концу 80-х годов прошлого века. При этом изначально предпринимались попытки использовать для эмболизации как смесь химиопрепарата с липидолом [1], так и биodeградируемые микросферы [2].

В большинстве публикаций конца 80-х–начала 90-х годов прошлого века описано применение при проведении химиоэмболизации митомидина С [3], доксорубина [4], цисплатина [1]. Малое количество наблюдений, отсутствие четко описанных критериев отбора, различие в протоколах лечения не позволяют в настоящее время однозначно оценивать опубликованные результаты.

В нашей стране в 2000 г. опубликованы результаты сочетанно-

го применения химиоэмболизации печеночной артерии и воротной вены [5]. Согласно полученным данным, комбинированные вмешательства, включающие последовательную эмболизацию печеночной артерии и воротной вены липидолом и доксорубицином, позволили добиться медианы выживаемости 33 мес.

В исследовании T.J. Vogl et al. (2009 г.) изучены результаты химиоэмболизации у 463 пациентов (2441 процедура). Эмболизация выполнялась смесью митомидина С и липидола – у 243 пациентов, смесью митомидина С, гемцитабина и липидола – у 153, смесью митомидина С, иринотекана и липидола – у 67 пациентов. Медиана выживаемости составила 14 мес. Статистически значимых различий в выживаемости пациентов в зависимости от используемых химиотерапевтических агентов выявлено не было [6].

В работе M. Albert et al. [7] была продемонстрирована разница в выживаемости пациентов в зависимости от соматического статуса и наличия внепеченочных метастазов и количества проведенных ранее курсов полихимиотерапии. Медиана выживаемости пациентов, соматический статус которых по шкале ECOG был равен 0, составила

Таблица 2

Осложнения, развившиеся после проведения химиоэмболизации

Осложнение	Количество
Острый панкреатит	1 (3%)
Диарея	9 (28,1%)
Лейкопения	3 (9%)
Холецистит	4 (12,5%)

11 мес, при статусе по шкале ECOG больше 0 – 3 мес ($p < 0,01$). Медиана выживаемости пациентов после химиоэмболизации, прошедших не более 2 курсов полихимиотерапии, составила 11 мес, а прошедших более 3 курсов – 6 мес ($p = 0,03$). Статистически значимых различий выживаемости в группах пациентов, имевших на момент начала лечения внепеченочные метастазы (медиана выживаемости 8 мес) и не имевших таковых (медиана выживаемости 11 мес), выявлено не было ($p = 0,48$).

Особый интерес представляют исследования, посвященные использованию микросфер, которые связывают химиопрепараты и позволяют при проведении химиоэмболизации создавать более высокие концентрации химиотерапевтического агента внутри опухоли по сравнению с системной химиотерапией.

В настоящее время для эмболизации метастазов колоректального рака используются микросферы DC Beads™ (Biocompatibles) и HepaSphere™ (BioSphere Medical). Микросферы DC Bead, представляющие собой кополимер поливинилалколя, адсорбируют на своей поверхности молекулы иринотекана за счет ионных связей. Связывание химиопрепарата гепасферами (HepaSphere™), представляющими собой кополимер акрилата натрия и этилового спирта, происходит как за счет ионообменного механизма, так и за счет абсорбции. Обе платформы в сочетании с иринотеканом продемон-

стрировали схожий фармакокинетический профиль. Однако НераSphere™ могут накапливать не только иринотекан, но и другие химиотерапевтические препараты, в том числе оксалиплатин, который обладает доказанным дозозависимым эффектом.

В 2012 г. были опубликованы результаты первого рандомизированного исследования, посвященного химиоэмболизации [8]. В нем показано, что химиоэмболизация микросферами DC Beads™ с иринотеканом превосходит по своей эффективности системную химиотерапию по схеме FOLFIRI во второй линии химиотерапии метастатического колоректального рака. Медиана выживаемости в группе пациентов, которым была выполнена химиоэмболизация, составила 23 мес, а в группе больных, которым проводилась системная химиотерапия по схеме FOLFIRI, – 16 мес.

Возможность применения микросфер НераSphere™, насыщенных оксалиплатином, для эмболизации метастазов колоректального рака была продемонстрирована в работе G. Poggi et al. (2008 г.). В группе из 15 больных, у 8 из которых были метастазы колоректального рака в печень, а у 7 – холангиоцеллюлярный рак, удалось добиться медианы выживаемости 40 мес [9].

В работе P. Huppert et al. (2013 г.) опубликованы результаты эмболизации метастазов колоректального рака в печень микросферами (НераSphere™), насыщенными иринотеканом в качестве второй линии химиотерапии. Медиана выживаемости составила 8 мес [10]. При этом в работе не приведены данные о числе больных, имевших внепеченочные метастазы, и о количестве предшествующих линий химиотерапии.

Результаты комбинированного применения химиоэмболизации смесью липиодола и мелфалана в комбинации с внутриартериальной инфузией фторурацила и иммунотерапией были

описаны в работе H. Müller et al. (2003 г.). Медиана выживаемости не была достигнута после 28 мес наблюдения [11].

В настоящее время проводится рандомизированное исследование, посвященное сравнению эффективности системной химиотерапии по схеме FOLFOX + бевацизумаб с химиоэмболизацией DC Beads™ с иринотеканом + системная химиотерапия по схеме FOLFOX (Martin R., 2012) [12].

Таким образом, на сегодняшний день в мире накоплен большой опыт применения химиоэмболизации для лечения метастазов колоректального рака в печень. Большинство работ продемонстрировали эффективность метода у пациентов, которым ранее была проведена одна или несколько линий химиотерапии. Однако различия в критериях отбора больных, технике выполнения процедуры, количестве курсов лечения, использовании тех или иных химиопрепаратов затрудняют анализ полученных результатов.

Заключение

Согласно результатам опубликованных в настоящее время исследований, химиоэмболизация метастазов колоректального рака микросферами с лекарственным покрытием может рассматриваться как эффективный и безопасный метод паллиативного лечения пациентов с метастазами колоректального рака в печень.

Литература

1. Kameyama M., Fukuda I., Imakawa S., Sasaki Y., Shibata T., Furukawa H. et al. Transcatheter chemoembolization using Lipiodol cisplatin sandwich therapy of liver metastasis of colorectal cancer. *Nihon. Gan. Chiryo. Gakkai. Shi.* 1988; 23 (10): 2568–74.
2. Itani K., Yoshikawa T., Oyamada H., Takano H., Ichikawa H., Tainaka K. et al. Chemoembolization with degradable starch microspheres for liver metastases in colorectal can-

- cer. *Gan To Kagaku Ryoho.* 1989; 16 (8; Pt 2): 2897–900.
3. Lorenz M., Herrmann G., Kirkowa-Reimann M., Rauber K., Herrhausen T., Henne T., Hottenrott C. Temporary chemoembolization of colorectal liver metastases with degradable starch microspheres. *Eur. J. Surg. Oncol.* 1989; 15 (5): 453–62.
4. Lang E.K., Brown C.L. Jr. Colorectal metastases to the liver: selective chemoembolization. *Radiology.* 1993; 189 (2): 417–22.
5. Таразов П.Г. Артериальная химиоэмболизация при метастазах колоректального рака в печень. *Вопросы онкологии.* 2000; 46 (5): 561–6.
6. Vogl T.J., Gruber T., Balzer J.O., Eichler K., Hammerstingl R., Zangos S. Repeated transarterial chemoembolization in the treatment of liver metastases of colorectal cancer: prospective study. *Radiology.* 2009; 250 (1): 281–9. doi: 10.1148/radiol.2501080295
7. Albert M., Kiefer M.V., Sun W., Haller D., Fraker D.L., Tuite C.M. et al. Chemoembolization of colorectal liver metastases with cisplatin, doxorubicin, mitomycin C, ethiodol, and polyvinyl alcohol. *Cancer.* 2011; 117 (2): 343–52. doi: 10.1002/cncr.25387
8. Fiorentini G., Aliberti C., Tilli M., Mulazzani L., Graziano F., Giordani P. et al. Intra-arterial infusion of irinotecan-loaded drug-eluting beads (DEBIRI) versus intravenous therapy (FOLFIRI) for hepatic metastases from colorectal cancer: final results of a phase III study. *Anticancer Res.* 2012; 32 (4): 1387–95.
9. Poggi G., Quaretti P., Minoia C., Bernardo G., Bonora M.R., Gaggeri R. et al. Transhepatic arterial chemoembolization with oxaliplatin-eluting microspheres (OEM-TACE) for unresectable hepatic tumors. *Anticancer Res.* 2008; 28 (6B): 3835–42.
10. Huppert P., Wenzel T., Wietholtz H. Transcatheter Arterial Chemoembolization (TACE) of colorectal cancer liver metastases by irinotecan-eluting microspheres in a salvage patient population. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2014; 37 (1): 154–64.
11. Müller H., Nakchbandi V., Chatzivasvis I., von Voigt C. Repetitive chemoembolization with melpha-

lan plus intra-arterial immunochemotherapy within 5-fluorouracil and granulocyte-macrophagecolony-stimulating factor (GM-CSF) as effective first- and second-line treatment of disseminated colorectal liver metastases. *Hepatogastroenterology*. 2003; 50 (54): 1919–26.

12. Martin R.C. 2nd, Scoggins C.R., Tomalty D., Schreeder M., Metzger T., Tatum C., Sharma V. Irinotecan drug-eluting beads in the treatment of chemo-naïve unresectable colorectal liver metastasis with concomitant systemic fluorouracil and oxaliplatin: results of pharmacokinetics and phase I trial. *J. Gastrointest. Surg.* 2012; 16 (8): 1531–8. doi: 10.1007/s11605-012-1892-8

References

1. Kameyama M., Fukuda I., Imaoka S., Sasaki Y., Shibata T., Furu-kawa H. et al. Transcatheter chemoembolization using Lipiodol cis-platin sandwich therapy of liver metastasis of colorectal cancer. *Nihon. Gan. Chiryo. Gakkai. Shi.* 1988; 23 (10): 2568–74.
2. Itani K., Yoshikawa T., Oyamada H., Takano H., Ichikawa H., Tainaka K. et al. Chemoembolization with degradable starch microspheres for liver metastases in colorectal cancer. *Gan To Kagaku Ryoho*. 1989; 16 (8; Pt 2): 2897–900.
3. Lorenz M., Herrmann G., Kirkowa-Reimann M., Rauber K., Herrhausen T., Henne T., Hottenrott C. Temporary chemoembolization of colorectal liver metastases with degradable starch microspheres. *Eur. J. Surg. Oncol.* 1989; 15 (5): 453–62.
4. Lang E.K., Brown C.L. Jr. Colorectal metastases to the liver: selective chemoembolization. *Radiology*. 1993; 189 (2): 417–22.
5. Tarazov P.G. Arterial chemoembolization for metastatic colorectal cancer in the liver. *Voprosy onkologii*. 2000; 46 (5): 561–6 (in Russian).
6. Vogl T.J., Gruber T., Balzer J.O., Eichler K., Hammerstingl R., Zangos S. Repeated transarterial chemoembolization in the treatment of liver metastases of colorectal cancer: prospective study. *Radiology*. 2009; 250 (1): 281–9. doi: 10.1148/radiol.2501080295
7. Albert M., Kiefer M.V., Sun W., Haller D., Fraker D.L., Tuite C.M. et al. Chemoembolization of colorectal liver metastases with cisplatin, doxorubicin, mitomycin C, ethiodol, and polyvinyl alcohol. *Cancer*. 2011; 117 (2): 343–52. doi: 10.1002/cncr.25387
8. Fiorentini G., Aliberti C., Tilli M., Mulazzani L., Graziano F., Giordani P. et al. Intra-arterial infusion of irinotecan-loaded drug-eluting beads (DEBIRI) versus intravenous therapy (FOLFIRI) for hepatic metastases from colorectal cancer: final results of a phase III study. *Anticancer Res.* 2012; 32 (4): 1387–95.
9. Poggi G., Quaretti P., Minoia C., Bernardo G., Bonora M.R., Gaggeri R. et al. Transhepatic arterial chemoembolization with oxaliplatin-eluting microspheres (OEM-TACE) for unresectable hepatic tumors. *Anticancer Res.* 2008; 28 (6B): 3835–42.
10. Huppert P., Wenzel T., Wietholtz H. Transcatheter Arterial Chemoembolization (TACE) of colorectal cancer liver metastases by irinotecan-eluting microspheres in a salvage patient population. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2014; 37 (1): 154–64.
11. Müller H., Nakchbandi V., Chatzisaavidis I., von Voigt C. Repetitive chemoembolization with melphalan plus intra-arterial immunochemotherapy within 5-fluorouracil and granulocyte-macrophagecolony-stimulating factor (GM-CSF) as effective first- and second-line treatment of disseminated colorectal liver metastases. *Hepatogastroenterology*. 2003; 50 (54): 1919–26.
12. Martin R.C. 2nd, Scoggins C.R., Tomalty D., Schreeder M., Metzger T., Tatum C., Sharma V. Irinotecan drug-eluting beads in the treatment of chemo-naïve unresectable colorectal liver metastasis with concomitant systemic fluorouracil and oxaliplatin: results of pharmacokinetics and phase I trial. *J. Gastrointest. Surg.* 2012; 16 (8): 1531–8. doi: 10.1007/s11605-012-1892-8

Поступила 05.10.2014

Количественная оценка гемодинамической значимости пограничных стенозов коронарных артерий методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда с коррекцией поглощения излучения в сравнении с фракционным резервом кровотока

В.В. Соломяный, врач-радиолог;

И.В. Сергиенко, д. м. н., ст. науч. сотр. отдела проблем атеросклероза;

А.Н. Самко, д. м. н., профессор, руководитель отдела рентгеноэндоваскулярных методов диагностики и лечения

ФГБУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс»

Министерства здравоохранения РФ,

ул. 3-я Черепковская, 15а, Москва, 121552, Российская Федерация

Quantitative assessment of the hemodynamic relevance of borderline coronary stenoses by myocardial single-photon emission computed tomography with radiation absorption correction versus fractional flow reserve

V.V. Solomyanny, Radiologist;

I.V. Sergienko, MD, PhD, DSc, Senior Research Associate of Department of Atherosclerosis Problems;

A.N. Samko, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Department of Endovascular Diagnosis and Treatment

Russian Cardiology Research-and-Production Complex,

Ministry of Health of the RF,

ul. Tret'ya Cherepkovskaya, 15a, Moscow, 121552, Russian Federation

Цель исследования – изучить возможность использования метода однофотонной эмиссионной компьютерной томографии/компьютерной томографии (ОЭКТ/КТ) с коррекцией поглощения излучения (КПИ) миокарда для оценки гемодинамической значимости пограничных стенозов коронарных артерий в сопоставлении с фракционным резервом кровотока (ФРК) у больных ишемической болезнью сердца (ИБС).

Материал и методы. В исследование включены 70 пациентов (50 мужчин, 20 женщин), средний возраст которых составил 57 ± 5 лет, с верифицированным на основании клинических и инструментальных данных диагнозом ИБС. По данным коронароангиографии у них были выявлены стенозы коронарных артерий от 50 до 70%, с оценкой ФРК, далее всем пациентам была выполнена ОЭКТ/КТ с использованием двухдневного протокола покой/нагрузка (велозергометр), общая активность введенного радиофармпрепарата составляла от 370 до 900 МБк ^{99m}Tc -МИБИ в зависимости от массы тела.

Результаты. По стандартной 17-сегментной схеме был рассчитан показатель SDS. Пограничный стеноз КА считался гемодинамически значимым при значении $\text{SDS} \geq 4$ в одном из 17 сегментов, соответствующем одной из основных коронарных артерий, который мы сравнили с ФРК. Показано, что при $\text{SDS} \geq 4$ чувствительность и специфичность ОЭКТ/КТ составляли 96,7 и 90,6% соответственно.

Заключение. Количественный анализ пограничных стенозов с помощью ОЭКТ/КТ с КПИ увеличивает специфичность и чувствительность в оценке функциональной значимости пограничных стенозов коронарных артерий.

Objective: to study whether myocardial single-photon emission computed tomography (SPECT)/CT with radiation absorption correction (RAC) versus fractional flow reserve (FFR) may be used to assess the hemodynamic relevance of borderline coronary stenosis in patients with coronary heart disease (CHD).

Material and methods. The investigation enrolled 70 patients (50 men and 20 women; mean age 57 ± 5 years) diagnosed as having CHD verified by clinical instrumental studies, in whom coronary angiography (CA) estimating FFR revealed 50 to 70% coronary stenosis; then all the patients underwent SPECT/CT using a two-day rest/ exercise (bicycle ergometer) protocol; the total injected radiotracer activity was 370–900 MBq ^{99m}Tc -MIBI depending on body weight.

Results. A standard 17-segment scheme was employed to calculate the SDS index, borderline stenosis detected by CA was considered hemodynamically significant at $\text{SDS} \geq 4$ in one of the 17 segments, which corresponded to one of the major coronary artery, which was compared by the authors with FFR. At $\text{SDS} \geq 4$, the sensitivity and specificity of SPECT/CT were shown to be 96.7 and 90.6%, respectively.

Conclusion. Quantitative analysis of borderline stenosis by SPECT/CT with RAC increases its specificity and sensitivity in estimating the functional significance of borderline coronary stenosis.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, пограничный стеноз коронарных артерий, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, коррекция поглощения излучения, фракционный резерв кровотока, количественные параметры оценки перфузии миокарда
Index terms: coronary heart disease, borderline coronary stenosis, single-photon emission computed tomography, radiation absorption correction, fractional flow reserve, quantitative myocardial perfusion parameters

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является одним из наиболее распространенных заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС) во всех экономически развитых странах [1]. В Российской Федерации отмечается один из самых высоких в Европе показателей распространенности и смертности населения от ИБС [2]. Следует учитывать также большую социально-экономическую значимость данного заболевания, обусловленную относительно ранней потерей трудоспособности и инвалидизацией больных.

Высокая распространенность и смертность при заболеваниях ССС, особенно при наличии различных форм ИБС, требует более детального изучения структурно-функционального состояния миокарда для определения своевременной и обоснованной тактики лечения. Клиническое течение заболевания, выживаемость, развитие осложнений у больных ИБС зависят от многих факторов, главным образом от степени поражения коронарных артерий (КА) и степени преходящей ишемии миокарда левого желудочка (ЛЖ) [3].

Морфологической основой ИБС более чем в 95–97% случаев является атеросклероз КА [2]. Локализация атеросклеротических бляшек (АСБ) весьма разнообразна – от поражения устьев КА до изменений в дистальных отделах, и именно качественная и количественная локализация бляшек обуславливает клиническую картину ИБС. Атеросклеротические изменения коронарного русла приводят к возникновению преходящей или постоянной ишемии и другим последствиям нарушения коронарного кровотока в бассейне пораженной КА.

В настоящее время «золотым стандартом» для визуализации КА у пациентов с ИБС является коронароангиография (КАГ). КАГ продолжает играть ведущую роль среди инвазивных методов исследования венечных артерий,

тем не менее даже это исследование не может дать необходимую полноценную картину поражения КА. Одним из известных ограничений метода является возможность оценки гемодинамической значимости так называемых «пограничных» стенозов, то есть стенозов 50–70%.

К инвазивным методам исследования относится и определение фракционного резерва кровотока (ФРК), – это объективное, достоверное дополнение КАГ, наиболее точный метод, позволяющий оценить гемодинамическое состояние пограничных стенозов. Значимость этого показателя продемонстрирована в ряде крупных клинических исследований – FAME, FAME-2, DEFER [4–6].

За последнее десятилетие в зарубежной и отечественной литературе опубликовано много работ, посвященных использованию ФРК на КА [7]. Появление ФРК также значительно повлияло на тактику интракоронарного вмешательства и повысило его информативность. Однако данная инвазивная методика не всегда доступна в обычной клинической практике и, кроме того, её стоимость ещё достаточно высока. Всё это заведомо ограничивает использование ФРК в повседневной клинической практике.

В данный момент альтернативой для оценки значимости стенозов коронарных артерий и выбора дальнейшей тактики (реваскуляризация, оптимальная медикаментозная терапия) в отношении пограничных стенозов может стать однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОЭКТ) миокарда с коррекцией поглощения излучения (КПИ), которая осуществляется с помощью совмещенного с ОЭКТ рентгеновского компьютерного томографа (РКТ) [8]. Совмещенные системы ОЭКТ/КТ нашли широкое клиническое применение в диагностике функциональных нарушений миокарда при различных заболеваниях ССС [9].

Расширяющиеся возможности радионуклидных методов, со-

вершенствование аппаратуры и программного обеспечения требуют нового осмысления, уточнения наиболее рациональных показаний для проведения того или иного исследования с целью более детальной разносторонней оценки состояния миокарда у больных ИБС.

Если до недавнего времени при проведении перфузионной сцинтиграфии миокарда в основном использовались два параметра – площадь и дефект перфузии, то на сегодняшний день появилась возможность вычислять интегральные показатели тяжести поражения миокарда – summed difference score (SDS) [10]. Показатель SDS автоматически рассчитывается с помощью программного обеспечения quantitative perfusion SPECT (QPS) [11] как параметр, который оценивает глубину и площадь дефекта перфузии.

В связи с этим остаётся актуальной проблема разработки объективных критериев диагностики гемодинамической значимости пограничных стенозов КА. Необходимость определения преходящей ишемии с привязкой к бассейнам КА на основе данных ОЭКТ/КТ по-прежнему является актуальным вопросом современной кардиологии и диагностической кардиорадиологии. Указанные вопросы и проблемы и послужили основанием для проведения данного исследования.

Целью нашего исследования было изучение клинической значимости однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда с коррекцией поглощения излучения, которая осуществляется с помощью совмещенного с ОЭКТ рентгеновского компьютерного томографа, в оценке гемодинамического состояния пограничных стенозов КА в сопоставлении с ФРК у больных ИБС.

Материал и методы

В исследование включены 70 пациентов (50 мужчин и 20 женщин), средний возраст 57 ± 5 лет,

с верифицированным на основании клинических и инструментальных данных диагнозом ИБС. В течение 4 дней им была проведена КАГ, процент стенозирования КА оценивали по общепринятой методике с помощью компьютерного количественного анализа (quantitative coronary angiography – QCA); при коронарных стенозах 50–70% проводилось измерение ФРК [7]. При ФРК > 0,80 стеноз расценивался как гемодинамически незначимый. ОЭКТ/КТ-перфузия миокарда выполнялась с использованием камеры Philips BrightView ХСТ с ЭКГ-синхронизатором для получения синхронизированной ОЭКТ (С-ОЭКТ), что позволяло одновременно с оценкой состояния перфузии миокарда получать дополнительные данные о его сократительной функции. Антиангинальная терапия была прервана за 48 ч до исследования, пациенты воздерживались от употребления кофеина в течение 24 ч до исследования. Использовался двухдневный протокол покой/нагрузка (велоэргометр), общая активность введённого радиофармпрепарата составляла от 370 до 900 МБк ^{99m}Tc-МИБИ в зависимости от массы тела. Количественный анализ проводился на системах PACS Philips JetStream AutoSPECT, QPS/QGS AutoQUANT (Cedars-Sinai Medical Center, Los Angeles, CA, USA). КТ области сердца с целью коррекции поглощения излучения осуществлялась с помощью плоскопанельной КТ-подсистемы (шириной 15 см) ОЭКТ/КТ-томографа. КТ сердца выполнялась за 60 с, напряжение на трубке составляло 120 кВ, сила тока – 5 мА, с дальнейшей оценкой количественных показателей.

Результаты

Ключевыми этапами работы были проведение КАГ, оценка ФРК и проведение ОЭКТ/КТ сердца в покое и после нагрузочной пробы с коррекцией поглощения излучения (КПИ). По данным КАГ у 70 пациентов, вклю-

Таблица 1

Определение достоверности различия параметров перфузии при проведении ОЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ (покой/нагрузка)			
Параметр	ОЭКТ/КТ с КПИ	ОЭКТ/КТ без КПИ	p
SRS	4,0 (1,0–5,25)	1,0 (0,0–1,25)	0,0005
SSS	6,0 (3,5–8)	3,0 (1,0–5,0)	0,0007
SDS	3,0 (1,0–6,0)	1,0 (0,0–3,5)	0,0212
RTPD	5,8 (2,6–8,95)	4,0 (1,0–8,0)	0,0285
STPD	7,7 (4,9–9,9)	5,5 (3,4–9,2)	0,0491
RE	6,0 (2,0–10,0)	4,0 (1,0–9,0)	0,0361

Примечание. Данные представлены в виде медианы (1-й–3-й квартиль).

ченных в исследование, было выявлено 96 поражённых коронарных артерий с пограничными стенозами (ПНА – 40 (42%), ОА – 27 (28%), ПКА – 29 (30%) случаев), у 3 (4%) из них обнаружено трехсосудистое поражение КА, у 20 (29%) – двухсосудистое, у остальных 47 (67%) пациентов – однососудистое. У пациентов с трехсосудистым поражением измерение ФРК проводилось в каждой КА. Для количественной оценки перфузии миокарда использовались следующие параметры: Reversibility Extent (RE, %) – площадь переходящей ишемии, Summed Difference Score (SDS, ед.) = SSS – SRS – показатель тяжести переходящей ишемии, Summed Rest Score (SRS, ед.) – сумма баллов глубины поражений миокарда в покое, Summed Stress Score (SSS, ед.) – сумма баллов глубины поражений миокарда после нагрузки, Total Perfusion Deficit (TPD, ед.) – общий дефект перфузии миокарда.

Каждый из этих параметров оценивался в зоне кровоснабжения каждой из трех КА (ПНА, ПКА, ОА) по 17-сегментной схеме.

Для выработки оптимального протокола исследования было выполнено сравнение изображений, полученных с использованием КПИ и без нее. Для этого были проанализированы изменения количественных параметров – RE, SSS, SRS, SDS, TPD (табл. 1).

Исходя из значения p, полученного при сравнении двух зависимых выборок количественных параметров с КПИ и без

КПИ, очевидно, что разница достоверна ($p < 0,05$) для всех значений.

Сравнение количественных параметров перфузии ОЭКТ и ОЭКТ/КТ в покое и после нагрузочных проб в зоне кровоснабжения трех основных КА. Мы провели анализ количественных показателей перфузии миокарда с КПИ и без КПИ в зонах кровоснабжения трех основных КА – ПНА, ПКА и ОА (табл. 2).

Согласно полученным данным, статистически достоверная разница ($p < 0,05$) отмечается по всем показателям.

При проведении КПИ медиана количественных параметров ОЭКТ/КТ возрастает. Учитывая, что разница между параметрами перфузии миокарда статистически значима не только в зоне всего ЛЖ (см. табл. 1), но и в зоне кровоснабжения каждой КА (см. табл. 2), следовательно, ОЭКТ миокарда с КПИ повышает чувствительность метода для выявления нарушения перфузии миокарда. Эта технология имеет очень важное значение для исследования пациентов с поражением КА, так как при обработке полученных данных после ОЭКТ/КТ миокарда в покое и после нагрузочной пробы использование коррекции поглощения излучения влияет на количественные показатели, при этом повышается вероятность обнаружения признаков переходящей ишемии миокарда, или наоборот, подтверждения отсутствия ишемии у пациентов

Таблица 2

**Определение достоверности различий параметров перфузии
при проведении ОЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ (покой/нагрузка)
по зонам кровоснабжения КА**

Параметр	ОЭКТ/КТ с КПИ	ОЭКТ/КТ без КПИ	<i>p</i>
SRS			
ПНА	1,0 (0,0–3,25)	0,0 (0,0–1,0)	0,0116
ОА	0,0 (0,0–0,25)	0,0 (0,0–0,0)	0,0424
ПКА	1,0 (0,0–2,0)	0,0 (0,0–0,0)	0,0368
SSS			
ПНА	4,0 (1,0–5,0)	1,0 (0,0–4,0)	0,0392
ОА	2,0 (0,0–4,0)	1,0 (0,0–3,0)	0,0199
ПКА	2,0 (0,75–3,0)	0,0 (0,0–1,0)	0,0136
SDS			
ПНА	3,0 (0,75–5,0)	1,0 (0,0–3,0)	0,0115
ОА	2,0 (0,25–4,0)	0,0 (0,0–2,75)	0,0235
ПКА	2,0 (0,5–3,0)	0,0 (0,0–2,5)	0,0025
RTPD			
ПНА	3,3 (1,6–6,4)	1,9 (1,1–4,2)	0,0216
ОА	1,5 (0,7–3,3)	0,5 (0,0–2,5)	0,0473
ПКА	1,1 (0,3–2,17)	0,0 (0,0–1,92)	0,0013
STPD			
ПНА	1,8 (1,4–5,15)	0,0 (0,0–4,95)	0,0105
ОА	0,8 (0,075–1,55)	0,0 (0,0–1,35)	0,0205
ПКА	1,5 (0,74–2,52)	0,0 (0,0–0,45)	0,0365
RE			
ПНА	7,0 (3,25–9,0)	4,0 (1,25–6,75)	0,0123
ОА	4,0 (2,0–8,0)	3,0 (0,0–6,0)	0,0345
ПКА	5,0 (3,0–10,0)	3,0 (0,0–6,75)	0,0124

Примечание. Данные представлены в виде медианы (1-й–3-й квартиль).

с пограничными стенозами коронарных артерий, что, в свою очередь, позволяет выбрать адекватную дальнейшую тактику лечения.

Сопоставление количественных параметров SDS и RE ОЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ. При проведении корреляционно-

го анализа по Спирмену SDS и RE при ОЭКТ/КТ с КПИ и без КПИ была выявлена сильная прямая корреляция (рис. 1, 2).

Таким образом, в исследованиях, выполненных как в покое, так и при нагрузочной пробе, изображения, полученные с КПИ, качественно и количественно от-

личаются от изображений, полученных без КПИ. Исходя из этого целесообразнее проведение ОЭКТ/КТ миокарда только с использованием КПИ.

Поскольку, согласно полученным результатам, количественный параметр может иметь диагностическую ценность для определения гемодинамической значимости пограничных стенозов методом ОЭКТ/КТ миокарда (покой/нагрузка) с КПИ, мы провели сравнение параметров фракционного резерва кровотока и количественных параметров ОЭКТ/КТ с КПИ. С этой целью мы использовали такие количественные параметры перфузии, как SDS, RE, поскольку они сочетают в себе разность параметров нагрузки и покоя, что является более значимым для оценки преходящей ишемии миокарда. RTPD, STPD также показали достоверную статистическую разницу, однако мы не стали их использовать, так как данные параметры отображают состояние перфузии миокарда только после покоя и нагрузочной пробы. Это нас не устраивало, поскольку в группе исследуемых были пациенты, которые перенесли ИМ, поэтому у них по данным ОЭКТ/КТ после нагрузочной пробы возможны дефекты перфузии миокарда, которые не ассоциируются с преходящей ишемией. Для более корректной

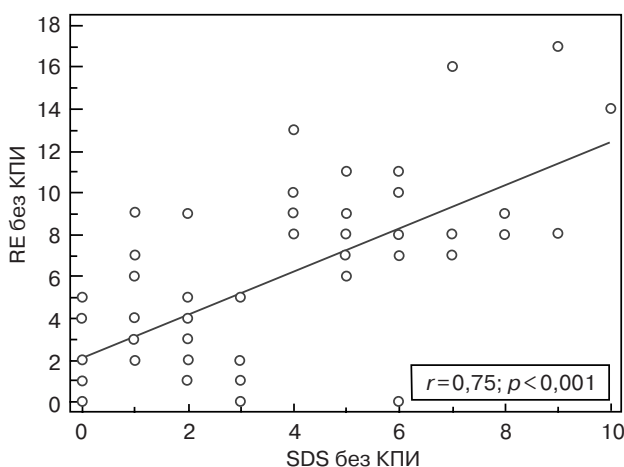


Рис. 1. Корреляция по Спирмену показателей SDS и RE при ОЭКТ/КТ без КПИ.

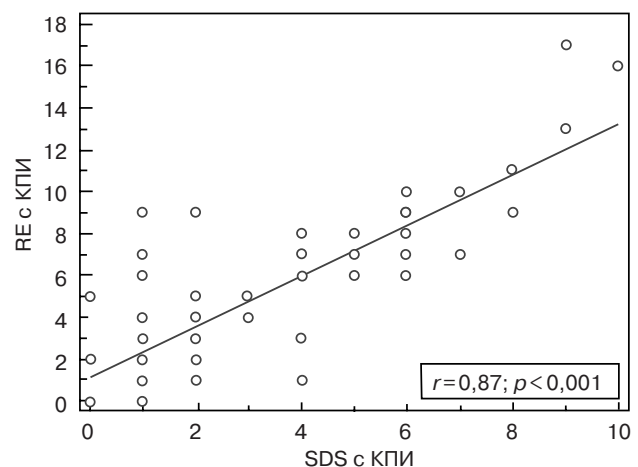


Рис. 2. Корреляция по Спирмену показателей SDS и RE при ОЭКТ/КТ с КПИ.

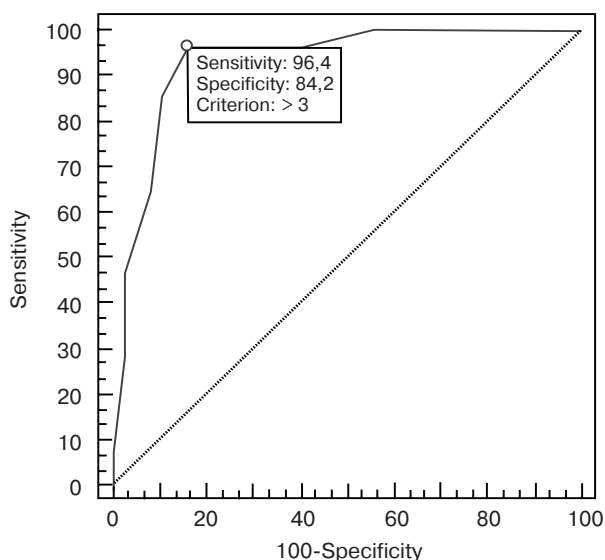


Рис. 3. ROC-анализ ФПК и SDS без КПИ ($p<0,01$).

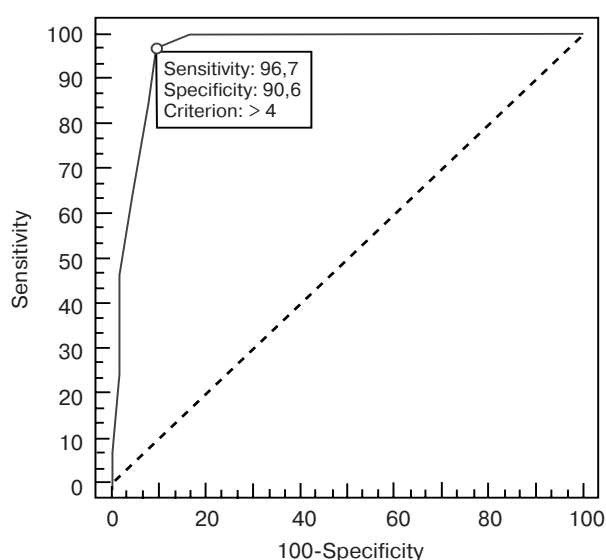


Рис. 4. ROC-анализ ФПК и SDS с КПИ ($p<0,01$).

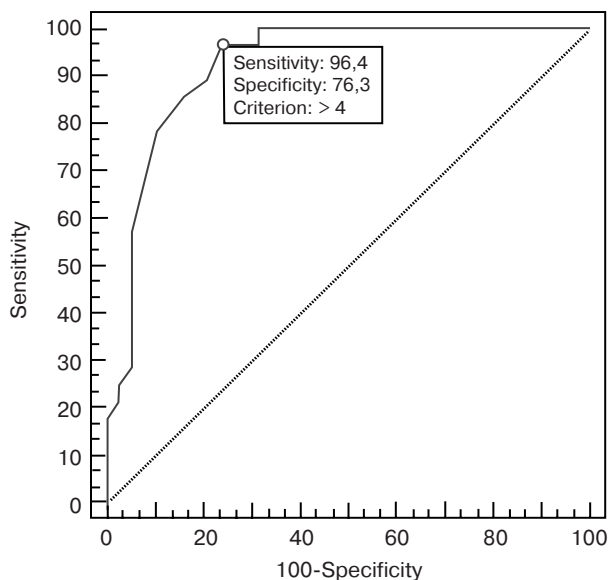


Рис. 5. ROC-анализ ФПК и RE без КПИ.

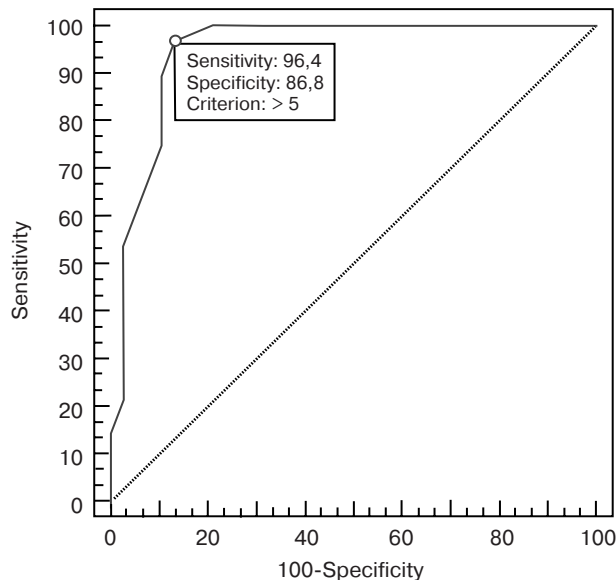


Рис. 6. ROC-анализ ФПК и RE с КПИ.

трактовки необходимы количественные параметры разницы STPD и RTPD, что технически невозможно было осуществить.

Для того чтобы понять, насколько КПИ влияет на полуколичественные параметры в выявлении гемодинамически значимых пограничных стенозов, мы провели ROC-анализ SDS и RE в зоне кровоснабжения трех основных КА с КПИ и без КПИ с ФПК. При ФПК менее 0,80 стеноз расценивался как гемодинамически значимый.

На изображениях, полученных без КПИ, значение $SDS>3$ предсказывает наличие достоверного стойкого дефекта перфузии с чувствительностью 96,4% и специфичностью 84,2%, на изображениях, полученных с КПИ, при $SDS>4$ аналогичные показатели составляют 96,7 и 90,6% соответственно (рис. 3, 4).

На изображениях без КПИ значение $RE>4$ предсказывает наличие достоверного стойкого дефекта перфузии с чувствительностью 96,4% и специфичностью

76,3%, на изображениях с КПИ при $RE>5$ те же показатели составляют 96,4 и 86,8% соответственно (рис. 5, 6). Таким образом, КПИ увеличивает чувствительность и специфичность количественных параметров ОЭКТ/КТ у пациентов с пограничными стенозами, что позволяет использовать их в оценке гемодинамической значимости.

Наиболее чувствительным и специфичным параметром ОЭКТ/КТ с КПИ оказался SDS – 96,7 и 90,6% по сравнению с RE – 96,4

и 86,8% соответственно. В связи с этим для определения гемодинамической значимости пограничных стенозов в зоне кровоснабжения одной из трех КА мы будем использовать параметр SDS. Показатель $SDS > 4$ в зоне кровоснабжения одной из трех КА мы расценивали как преходящую ишемию миокарда.

На рисунках 7, 8 приведены клинические примеры влияния коррекции поглощения излучения на визуальные и количественные параметры перфузии миокарда.

В первом случае (см. рис. 7) по данным ОЭКТ/КТ без КПИ визуально и количественно ($SDS_{ПКА}=6$, $RE_{ПКА}=15$) отмечаются признаки рубцового повреждения миокарда базальных сегментов нижней стенки. В ответ на нагрузку наблюдается выраженная ишемия в бассейне ПКА, однако при ОЭКТ/КТ с КПИ

данных за очагово-рубцовое повреждение и преходящую ишемию миокарда не получено, что также подтверждается количественными параметрами ($SDS_{ПНА}=1$, $RE_{ПНА}=2$). ФРК 0,92, стеноз гемодинамически незначимый. Во втором случае по данным ОЭКТ/КТ без КПИ распределение РПП равномерное, без дефектов перфузии ($SDS_{ПНА}=1$, $RE_{ПНА}=2$), при КПИ отмечается преходящий дефект перфузии верхушечной локализации и близлежащих передних сегментов ($SDS_{ПНА}=5$, $RE_{ПНА}=16$). ФРК 0,65, стеноз гемодинамически значимый. Таким образом, КПИ позволяет технически устранить статистическую погрешность при проведении ОЭКТ миокарда, что, в свою очередь, влияет на конечный результат исследования и заключение по нему, а также позволяет более точно опреде-

лить гемодинамическую значимость пограничного стеноза КА.

Корреляция параметров RE, SDS с КПИ и данных ФРК при определении гемодинамической значимости стенозов КА от 50 до 70%. Показатели ОЭКТ/КТ слабо коррелируют со значениями ФРК ($r=0,22$ и $r=0,20$) (рис. 9, 10). Это обусловлено тем, что при оценке гемодинамической значимости пограничного стеноза в любом из сегментов коронарной артерии (проксимальном, среднем, дистальном) метод ФРК не способен оценить площадь (RE) и тяжесть (SDS) преходящей ишемии, что, в свою очередь, влияет на прогноз пациента.

Таким образом, на основании проведенного исследования установлена взаимосвязь между ФРК и количественными параметрами ОЭКТ/КТ, что позволяет исполь-

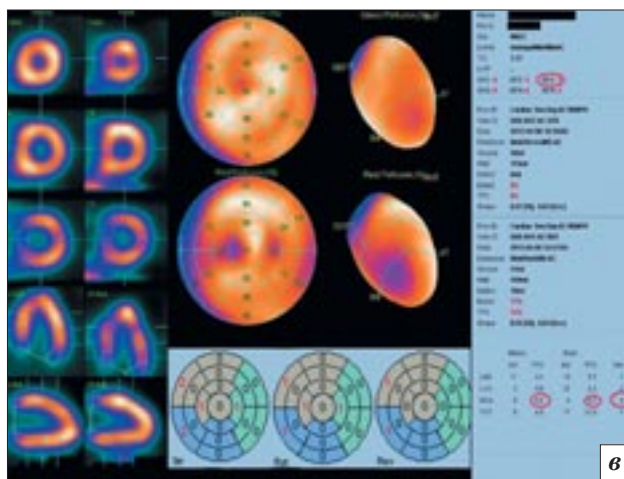
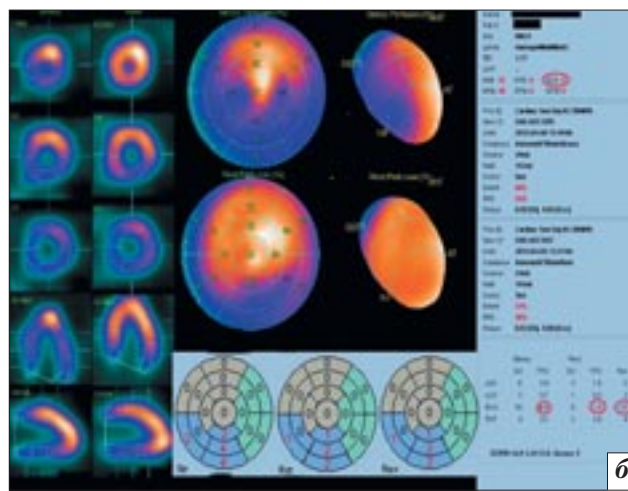
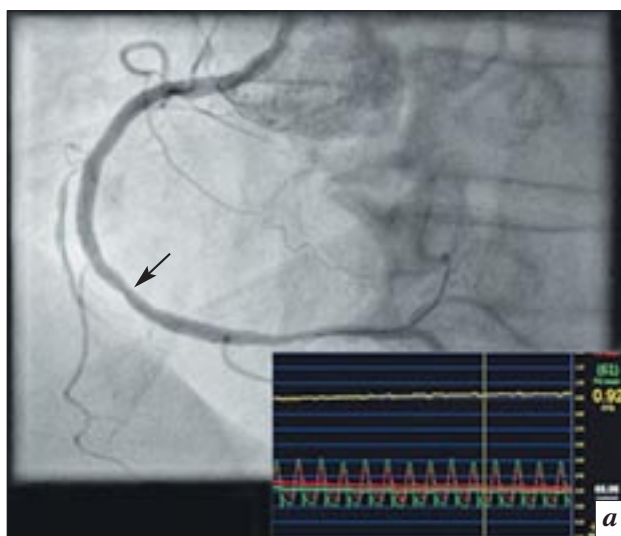


Рис. 7. Пациент А., 55 лет. По данным ЭхоКГ: КДР 5,3 см, ФВ $> 60\%$, нарушений локальной сократимости нет. Результаты КАГ (а): стеноз среднего сегмента ПКА 50% (стрелка). Нагрузочная проба: сомнительная, ТФН высокая. ОЭКТ/КТ без КПИ (б) в покое и после нагрузочной пробы: рубцовое изменение миокарда базальных сегментов нижней стенки интрамурального характера, ФВ 67%. В ответ на нагрузку отмечается выраженная ишемия в бассейне ПКА, ФВ 57%, что подтверждается визуально и количественными параметрами ($SDS_{ПКА}=6$, $RE_{ПКА}=15$). При использовании КПИ (в) данных за наличие очагово-рубцовых повреждений миокарда и преходящей ишемии не получено, количественные параметры в пределах нормальных значений ($SDS_{ПКА}=2$, $RE_{ПКА}=0$). ФРК=0,92 (а).

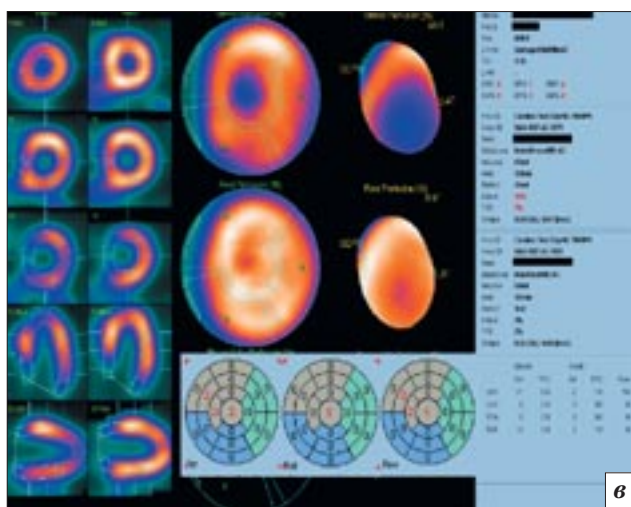
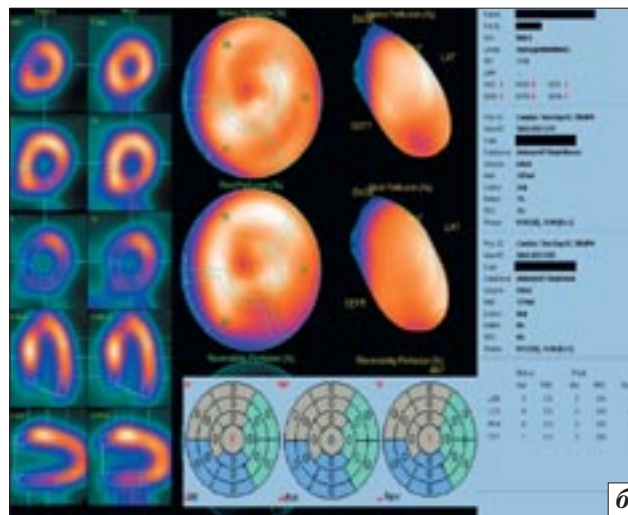
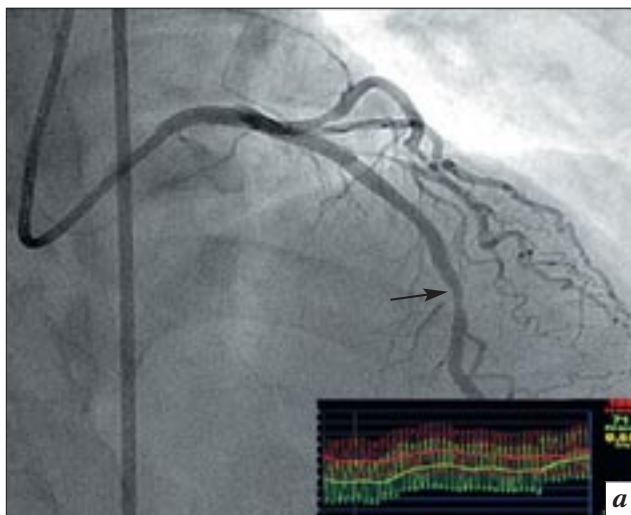


Рис. 8. Пациентка Б. с диагнозом: ИБС, стенокардия напряжения, ГБ. По данным КАГ (а): стеноз ПНА 60% в среднем сегменте (стрелка), ФРК=0,65. По данным ОЭКТ/КТ без КПИ (б) SDS ПНА=1, RE ПНА=2, преходящей ишемии миокарда не выявлено. По данным ОЭКТ/КТ с КПИ (в) SDS ПНА=6, RE ПНА=16, признаки преходящей ишемии миокарда верхушечной локализации с переходом на передние сегменты.

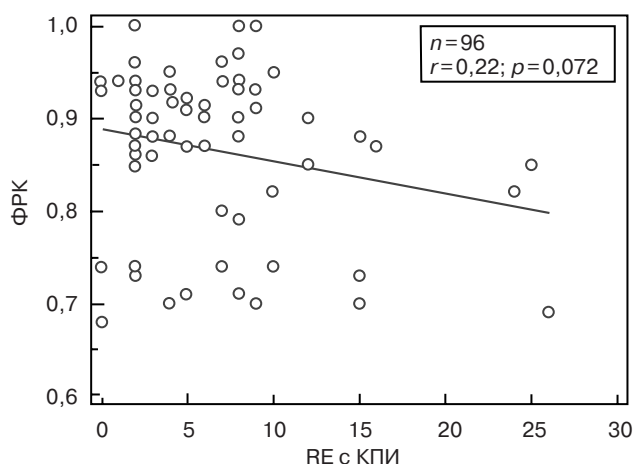


Рис. 9. Корреляция тяжести преходящей ишемии, рассчитанная по показателю RE с КПИ, и данных ФРК.

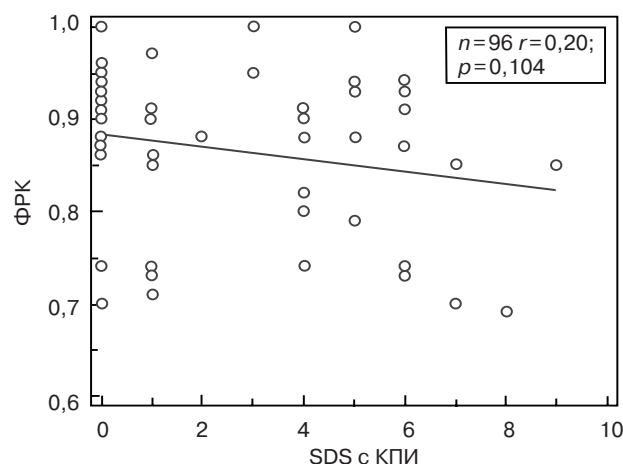


Рис. 10. Корреляция площади преходящей ишемии, рассчитанная по показателю SDS с КПИ, и данных ФРК.

зовать SDS в качестве оценки гемодинамической значимости пограничных стенозов. Наше исследование показывает, что проведение ОЭКТ миокарда с КПИ повышает диагностическую цен-

ность метода, снижая число ложноположительных и сомнительных результатов. Исследование с КПИ упрощает интерпретацию перфузионной ОЭКТ миокарда у пациентов с пограничными сте-

нозами и в большинстве случаев позволяет сделать однозначное заключение, которое имеет важнейшее значение в повседневной работе. В связи с этим коррекция поглощения при ОЭКТ миокарда

целесообразна у пациентов с пограничными стенозами КА для оценки их гемодинамической значимости.

Выводы

1. При оценке гемодинамической значимости пограничных стенозов методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда, совмещенной с компьютерным томографом, целесообразно использовать показатель SDS (тяжесть преходящей ишемии) с коррекцией поглощения излучения.

2. При проведении ОЭКТ/КТ для оценки пограничных стенозов коронарных артерий использование показателя SDS характеризуется достоверно большей специфичностью, чем использование показателя RE, – 90,6 и 86,8% соответственно.

3. Отсутствует корреляция данных площади (RE) и тяжести (SDS) преходящей ишемии миокарда с КПИ со значением ФРК. Это свидетельствует о том, что определение ФРК позволяет оценить лишь гемодинамическую значимость пограничного стеноза КА, но не площадь и тяжесть преходящей ишемии.

4. ОЭКТ/КТ миокарда с КПИ имеет чувствительность 96,7%, специфичность 90,6% в определении гемодинамической значимости пограничных стенозов.

Литература

1. Чазов Е.И. Фундаментальная медицина как основа инноваций в медицинской практике. *Терапевтический архив*. 2013; 85 (8): 6–7.
2. Шевченко О.П., Мишнева О.Д., Шевченко А.О. и др. Ишемическая болезнь сердца. М.: Реафарм; 2005.
3. Shaw L., Iskandrian A. Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J. Nucl. Cardiol.* 2004; 11 (2): 171–85.

4. Tonino P.A., De Bruyne B., Pijls N.H. et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N. Engl. J. Med.* 2009; 360 (3): 213–24.
5. De Bruyne B., Pijls N.H., Kalesan B. et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N. Engl. J. Med.* 2012; 367 (11): 991–1001.
6. Pijls N.H., van Schaardenburgh P., Manoharan G. et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2007; 49 (21): 2105–11.
7. Миронов В.С., Меркулов Е.В., Самко А.Н. Оценка фракционного резерва коронарного кровотока. *Кардиология*. 2012; 52 (8): 66–71.
8. Massoud T.F., Gambhir S.S. Molecular imaging in living subjects: seeing fundamental biological processes in a new light. *Genes Dev.* 2003; 17 (5): 545–80.
9. Hendel R.C., Corbett J.R., Culom S.J. et al. The value and practice of attenuation correction for myocardial perfusion SPECT imaging: a joint position statement from the American Society of Nuclear Cardiology and the Society of Nuclear Medicine. *J. Nucl. Cardiol.* 2002; 9 (1): 135–43.
10. Knollmann D., Knebel I., Koch K.C. et al. 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.
11. Germano G., Kavanagh P.B., Waechter P. et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. I: technical principles and reproducibility. *J. Nucl. Med.* 2000; 41 (4): 712–9.
2. Shevchenko O.P., Mishnev O.D., Shevchenko A.O. et al. Coronary heart disease. Moscow: Reafarm; 2005 (in Russian).
3. Shaw L., Iskandrian A. Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J. Nucl. Cardiol.* 2004; 11 (2): 171–85.
4. Tonino P.A., De Bruyne B., Pijls N.H. et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N. Engl. J. Med.* 2009; 360 (3): 213–24.
5. De Bruyne B., Pijls N.H., Kalesan B. et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N. Engl. J. Med.* 2012; 367 (11): 991–1001.
6. Pijls N.H., van Schaardenburgh P., Manoharan G. et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2007; 49 (21): 2105–11.
7. Mironov V.S., Merkulov E.V., Samko A.N. Assessment of fractional coronary blood flow reserve. *Кардиология*. 2012; 52 (8): 66–71 (in Russian).
8. Massoud T.F., Gambhir S.S. Molecular imaging in living subjects: seeing fundamental biological processes in a new light. *Genes Dev.* 2003; 17 (5): 545–80.
9. Hendel R.C., Corbett J.R., Culom S.J. et al. The value and practice of attenuation correction for myocardial perfusion SPECT imaging: a joint position statement from the American Society of Nuclear Cardiology and the Society of Nuclear Medicine. *J. Nucl. Cardiol.* 2002; 9 (1): 135–43.
10. Knollmann D., Knebel I., Koch K.C. et al. 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.
11. Germano G., Kavanagh P.B., Waechter P. et al. A new algorithm for the quantitation of myocardial perfusion SPECT. I: technical principles and reproducibility. *J. Nucl. Med.* 2000; 41 (4): 712–9.

References

Поступила 19.05.2014

Структурированные протоколы описания в лучевой диагностике

В.Е. Синицын^{1, 2}, д. м. н., профессор, директор Центра лучевой диагностики ЛРЦ;

М.А. Комарова¹, врач-рентгенолог Центра лучевой диагностики ЛРЦ;

Е.А. Мершина^{1, 2}, к. м. н., доцент, заведующая отделением томографии Центра лучевой диагностики ЛРЦ

¹ ФГБУ «Лечебно-реабилитационный центр» Министерства здравоохранения РФ,
Иваньковское шоссе, 3, Москва, 125367, Российская Федерация;

² ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования»
Министерства здравоохранения РФ,
ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 123995, Российская Федерация

Structured radiology reports

V.E. Sinitsyn^{1, 2}, MD, PhD, DSc, Professor, Director of Center of Radiology of Federal Center
of Treatment and Rehabilitation;

M.A. Komarova¹, Radiologist of Center of Radiology of Federal Center of Treatment and Rehabilitation;

E.A. Meršina^{1, 2}, MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Tomography
of Center of Radiology of Federal Center of Treatment and Rehabilitation

¹ Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Ministry of Health of the RF,
Ivan'kovskoe shosse, 3, Moscow, 125367, Russian Federation;

² Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health of the RF,
ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 123995, Russian Federation

Представлен обзор по проблеме использования структурированных протоколов для описания данных лучевых исследований. Их основными чертами являются: организация протокола в соответствии с определенным шаблоном, разделение протокола на подзаголовки, организованные по принципу последовательности и логичности и разделенные по основным анатомическим структурам, видам патологии и методу исследования, а также применение стандартизированной терминологии. Самым известным примером структурированных протоколов является предложенная RSNA система RadLex. Опыт применения таких протоколов показал, что они могут улучшить четкость и информативность заключений рентгенологов, облегчают их понимание врачами других специальностей. Однако пока системы написания структурированных протоколов в лучевой диагностике имеют ряд ограничений, что препятствует их широкому внедрению в клиническую практику. Тем не менее в ближайшие годы их использование существенно возрастет.

The paper reviews the problem of using structured radiology reports. Their salient features are as follows: to work out a protocol in accordance with some pattern, to divide it into subheadings arranged consecutively and logically and broken down by main anatomical structures, types of disease, and study, and to use standardized terminology. The RSNA proposed RadLex system is the most known example of structured reports. The experience in using these protocols has shown that the latter may improve the clearness and informative value of roentgenologists' opinions and alleviate their understanding by physicians of other specialties. However, the systems of writing the structured radiology reports have a number of constraints for the time being, which interfere with their wide clinical introduction. Nonetheless, their use is substantially increasing in the years ahead.

В последние годы в рентгенологии все больше внимания уделяется созданию и клинической апробации стандартизованных протоколов лучевых исследований. Структурированные протоколы описания данных лучевых исследований – это протоколы, состоящие из логических пунктов и созданные с использованием

стандартизированной терминологии [1–4].

Указывается, что для таких протоколов можно выделить три характерные черты. Во-первых, сам протокол описания состоит из нескольких абзацев и заголовков, отражающих основную информацию (например, методика, описание находок, заключение

Ключевые слова:

лучевая диагностика, информатика, структурированные протоколы, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография

Index terms:

radiodiagnosis, informatics, structured reports, computed tomography, magnetic resonance imaging

и т. д.). Во-вторых, протокол содержит подзаголовки, организованные в последовательном (и логическом) виде и разделенные по основным анатомическим структурам (например, межпозвонковый диск, спинной мозг и т. д.). И третий важнейший элемент структурированных протоколов – это применение стандартизированной терминологии [3].

Пример шаблона структурированного описания исследования головного мозга представлен в таблице. Некоторые авторы выделяют еще одну (упрощенную) форму протоколов рентгенологического описания – это стандартизированные протоколы, которые также имеют организованную структуру (по заголовкам и подзаголовкам), но не предполагают использования контролируемого словаря терминов [5].

Несмотря на то что свободно написанные протоколы, стандартизированные протоколы и протоколы описания, структурированные на основе стандартизированной терминологии, во многом похожи, структурированные протоколы являются более четкими, доступными и эффективными.

Например, R. Khorasani et al. [6] продемонстрировали, что протоколы, написанные на основе нестандартизированной терминологии, менее понятны, чем протоколы, созданные с использованием контролируемого словаря терминов.

Таким образом, структурированная форма описания должна опираться на постоянное использование стандартизированной или регулируемой терминологии, для того чтобы уменьшить неоднозначность в описании и дать

краткие и точные значения или понятия [5].

Сама мысль о создании единого стандартизированного словаря терминов не является новой. Еще Р. Hickey [7] и другие исследователи того времени настаивали, что эта задача является наиболее значимой для улучшения связи рентгенологов с клиницистами. С тех пор прошло более 80 лет до начала создания словаря терминов и определений (тезауруса) в области лучевой диагностики [8].

Концепция единого словаря стандартизированных терминов появилась с выпуском исходной версии словаря RadLex в 2006 г., представленного на ежегодной встрече Рентгенологического общества Северной Америки (RSNA). Несмотря на то что RadLex подвергся критике из-за определенных недостатков (в частности,

Пример шаблона структурированного протокола МРТ головного мозга, рекомендуемый Радиологическим обществом Северной Америки [5]

Клинические данные	История болезни. Факторы риска. Аллергия (если есть). Показания к исследованию (головная боль, инсульт, головокружение, травма)
Методика исследования	Время исследования. Метод исследования: МРТ. Параметры сканирования. Контрастное вещество и другие введенные препараты
Результаты (описание)	Экстрааксиальное пространство (обычное по форме и размерам согласно возрасту / расширено). Кровоизлияние (нет, субдуральное, субарахноидальное, эпидуральное, внутрижелудочковое, внутримозговое). Желудочки (нормальные по форме и размерам согласно возрасту пациента/ расширены/ сужены). Базальная цистерна (нормальных размеров/расширена/сужена). Вещество головного мозга (без особенностей/ микроваскулярные изменения/ инфаркт/ энцефаломалиция/ глиоз/ кровоизлияние). Срединные структуры (не смещены/ смещены влево/ смещены вправо). Мозжечок (без особенностей). Ствол мозга (без особенностей)
Другое	Свод черепа (без особенностей/ не вдавленный перелом/ вдавленный перелом/ остеолитический/ склеротические изменения). Сосудистая система (без особенностей/ кальциноз сосудов (КТ) / нарушение артериального или венозного кровотока). Околоносовые пазухи (воздушны/ воспалительное утолщение слизистой). Структуры орбит (без особенностей). Верхний шейный отдел (без особенностей). Турецкое седло и основание черепа (без особенностей/ частично пустое турецкое седло/ наличие жидкости в ячейках правого/левого сосцевидного отростка)
Заключение	Перечень ключевых находок, рекомендации

критиковались недостаточно адекватное отражение терминов, а также адаптация и использование их в практике), данная терминология в настоящее время остается наиболее перспективной и доступной для дальнейших работ в области создания структурированных протоколов [1, 2, 9].

Необходимость использования стандартизированной терминологии также можно объяснить следующим образом: рентгенологи во всем мире обычно создают описания и заключения описываемых изображений в виде свободных текстов, при этом каждый врач может иметь определенные предпочтения в использовании тех или иных слов, что зависит от стиля, уровня знаний и опыта специалиста. Использование терминов со схожими значениями может по-разному восприниматься клиницистами и иногда приводить к некорректной трактовке описаний данных лучевого исследования.

Существует множество подобных примеров: «протрузия межпозвонкового диска», «выбухание диска», «выпячивание диска» или «инфаркт», «инсульт», «ишемический некроз» головного мозга. Создание единой терминологии позволяет не только улучшить качество передачи информации читателю, но также повысить качество программного обеспечения для создания единой базы структурированных шаблонов описания.

База данных RadLex является проектом, который спонсирует RSNA. Многочисленные эксперты разных специальностей лучевой диагностики и смежных дисциплин участвовали в сборе, проверке и систематизации словаря, который опирается на общепринятые специфические термины, не включенные в другие электронные библиотеки.

Первая версия словаря была запущена в 2006 г. и содержала более 30 000 терминов. Некоторые слова из данной стандартизированной терминологии, такие как «гиперденсивный», «гипо-

эхогенный», «матовое стекло», являются специфичными для определенной модальности (для данных примеров – КТ).

В то же время, несмотря на огромное количество терминов, включенных в словарь RadLex, лишь небольшое количество исследований посвящено изучению частоты их использования в клинической практике. Одно из таких исследований, посвященное изучению начальной версии словаря RadLex (январь 2007 г.), показало, что 84% слов, используемых для описания КТ органов грудной клетки, содержалось в стандартизованном словаре. Авторы отмечали, что самыми полноценными из всех разделов RadLex были «Анатомические структуры» и «Результаты визуализации» [10].

Позднее появились новые версии словаря, которые до настоящего времени продолжают периодически обновляться. Более поздние исследования, анализирующие соответствие терминов RadLex и слов в шаблонах описания RSNA, показали совпадения в 41% случаев [11].

Y. Hong et al. в работе 2013 г., выбрав пять шаблонов протоколов RSNA из различных анатомических областей и методик визуализации и сопоставив их с обычными заключениями рентгенологов, продемонстрировали, что шаблоны протоколов RSNA охватывали лишь от 17 до 49% информации, содержащейся в данных исследованиях, а также включали основные базовые понятия. Авторы сделали вывод, что наиболее перспективным направлением дальнейшего развития структурированных протоколов и создания шаблонов для них является внедрение словаря терминов с указанием определений основных, часто встречающихся понятий [12].

В то же время в исследовании R.W. Woods et al. [13] отмечено, что, несмотря на огромное количество терминов, включенных в RadLex, существуют определенные ограничения в формули-

ровке определений, а некоторые из терминов вообще отсутствуют. Частота совпадений содержимого словаря и наиболее употребляемых в практике терминов составила 62%. Исследователи показали, что такие разделы RadLex, как «Анатомические структуры» и «Физиологические процессы», являются наиболее полноценными, а такие разделы, как «Описание выявленных изменений» и «Методики» – менее содержательными.

Несмотря на то что RadLex является достаточно перспективным и (пока) практически единственным словарем стандартизованных рентгенологических терминов, некоторыми авторами были продемонстрированы его недостатки [13], а именно:

- 1) наличие нескольких различных формулировок для одного термина;
- 2) несоответствие формулировки и пояснений к термину;
- 3) мало освещены либо совсем не освещены некоторые общие физиологические понятия;
- 4) раздел «Методики» представлен не в полном объеме.

В медицинской практике до появления RadLex, несмотря на широкое распространение систематизированной и контролируемой терминологии, отсутствовал словарь терминов (тезаурус), доступный онлайн [8, 14]. Для устранения данной проблемы и был запущен проект RadLex, основная задача которого состояла в выявлении и заполнении пробелов в существующей тогда медицинской терминологии [8]. Созданный словарь представляет собой единую структуру для индексации терминов из различных источников, включает файлы для обучения рентгенологов, рентгенологические протоколы и исследовательские работы [3].

Помимо основных рентгенологических, анатомических и патологических терминов RadLex также содержит терминологию, отражающую трудности в описании изображений (например, степень неуверенности в интер-

претации), а также диагностическое качество изображений, устройства, процедуры и методы визуализации [8]. На основе разработанного словаря стандартизованных терминов RadLex RSNA были предложены шаблоны структурированных протоколов (см. табл.). Библиотека RSNA по данным на 2013 г. содержит около 200 шаблонов протоколов описания различных видов лучевых исследований на английском языке, а также 45 шаблонов, переведенных на другие языки. Данные шаблоны приведены в качестве примера протоколов «лучшей практики», используемых рентгенологами [4, 11].

Наиболее ярким примером эффективного использования структурированных протоколов в лучевой диагностике является создание системы описаний в маммографии – BI-RADS. Стандартизация в маммографии значительно снизила вариабельность протоколов описания и внесла ясность между рентгенологами и лечащими врачами [3, 15, 16]. Именно BI-RADS служит основой для сбора и анализа данных в маммологии [15]. Ранее использование свободных форм заключений и применение произвольной терминологии в протоколе маммографического описания приводило к снижению качества и точности диагностики [6], но после введения стандартизированной терминологии было отмечено снижение вариабельности и повышение четкости описаний исследований молочных желез [17, 18]. J.A. Baker et al. [19], оценивая показатели согласованности врачей, использовавших стандартизованный словарь терминов BI-RADS, пришли к выводу, что стандартизованная терминология является достаточно эффективной и успешной. В настоящее время по примеру BI-RADS предложены системы описаний для МРТ предстательной железы (PI-RADS) и печени (LI-RADS).

L.H. Schwartz et al. [16], сравнивая в своей работе ясность, содержание и клиническую эффек-

тивность обычных (написанных в свободной форме) и структурированных рентгенологических протоколов, продемонстрировали, что по оценкам клиницистов и рентгенологов структурированные протоколы лучше по содержанию и яснее, чем протоколы, написанные в свободной форме. В этой работе различия между средними значениями удовлетворенности врачей содержанием были достоверно значимыми ($p < 0,0001$) и составили для структурированных протоколов 8,33, а для обычных – 7,61. Средние показатели удовлетворенности ясностью описания были следующие: 7,45 – при прочтении обычных протоколов, 8,25 – структурированных ($p < 0,0001$).

Правда, изложенные выше данные расходятся с результатами исследования A.J. Johnson et al. [20, 21], в котором отмечалось снижение точности и полноты описания в структурированных протоколах. Так, при сравнении написанных ординаторами структурированных и обычных протоколов описания МРТ головного мозга у пациентов с инсультами авторы отметили снижение точности (с 91,5 до 88,7%) и полноты (с 68,7 до 54,3%) описания при использовании структурированных протоколов [20]. Это позволило им сделать вывод, что внедрение структурированных протоколов (применительно ко времени выполнения этой работы) не приводило к улучшению качества и повышению показателей эффективности.

В другом исследовании A.J. Johnson et al. [21] средняя оценка ясности и понимания написанного протокола врачами различных специальностей составила: 4,9 – для структурированных протоколов, 5,1 – для свободно написанных протоколов. Показатели ясности структурированных протоколов были достоверно ниже, чем обычных ($p = 0,001$).

В исследовании N.J. Clinger et al. [22] был проведен опрос всех лечащих врачей, которые направляли пациентов в отделе-

ние лучевой диагностики на исследование. Они получили ответы от 251 специалиста и в среднем оценили качество представленного протокола описания (в обычной форме) достаточно высоко – 8 баллов по 10-балльной шкале.

В работе J.M. Bosmans et al. [23] 71,8% врачей (510 из 710), принявших участие в опросе, были в целом удовлетворены качеством написанного в «свободной форме» рентгенологического протокола. Однако 26,8% опрошенных врачей (74 из 276) считали, что врачи лучевой диагностики зачастую простые вещи описывают очень сложным языком. Кроме того, в их исследовании было отмечено, что каждые 4 рентгенолога из 10 (36,6% – 49 из 134 специалистов) считают, что их собственные протоколы описания лучше, чем у их коллег. Все это лишний раз показывает, насколько сильно разнятся стили описания врачей лучевой диагностики, что зависит от личного опыта и убеждений. Также полученные данные позволяют частично объяснить трудности стандартизации протоколов описания.

Некоторые авторы отмечают поразительные различия в стиле протоколов описания, составленных в определенных медицинских центрах, что, вероятно, зависит от влияния школы либо сложившихся исторических традиций [24–26].

Но в целом, как показывают исследования, клиницисты все-таки отдают предпочтение структурированным протоколам описания врачей-рентгенологов [25, 27, 28]. В опросе J.M. Bosmans [23] 84,5% врачей-клиницистов (592 из 701) и 65,7% врачей-рентгенологов (88 из 134) выбрали структурированный протокол описания. Кроме того, 2/3 специалистов, как лечащих докторов, так и рентгенологов, высказались за использование стандартизированной терминологии при создании протоколов описания.

C.L. Sistrom et al. [2] в своей работе показали, что структури-

рованные и обычные протоколы описания обладают сопоставимой эффективностью и точностью в передаче информации. Так, в их исследовании формат протокола описания не оказывал существенного влияния на скорость, точность и эффективность его прочтения.

Несмотря на публикации, сообщающие о высокой эффективности и новых возможностях использования структурированной отчетности, некоторые авторы советуют пока проявлять осторожность в стремлении кардинальным образом изменить протоколы рентгенологических описаний.

В своем исследовании J.S. Ash et al. [29] обсуждают непредвиденные последствия внедрения в сферу здравоохранения излишне структурированных записей. Авторы ссылаются на работы по когнитивной психологии и социологии и указывают, что обычные протоколы более эффективны, а использование «чрезмерно» структурированных данных может привести к снижению или даже потере сосредоточенности и внимания клиницистов [30].

Таким образом, создание структурированных протоколов остается горячо обсуждаемым, и в то же время спорным вопросом. Несмотря на то что многие лечащие доктора и врачи лучевой диагностики склоняются к внедрению структурированных форм описания на базе фиксированных шаблонов, в подавляющем большинстве отделений лучевой диагностики и крупных центрах стандартом по-прежнему является протокол описания в свободной форме. Структурированные же протоколы оказываются в большей степени исключением, чем правилом. Поэтому J.M. Bosmans et al. [23] отмечают, что многие опрашиваемые врачи, высказавшиеся в пользу структурированной формы описания, делали выводы на основе некой теоретической концепции, а не личного опыта.

Еще один важный аспект – образование. По мнению этих же

авторов [23], большинство опрошенных врачей-ординаторов были убеждены, что создание протоколов описания должно быть обязательной частью обучения в ординатуре. Эти данные согласуются с результатами R. Gunderman et al. [31], которые также отмечают, что в обучении, как и в клинической практике, нужно больше времени уделять правилам создания протоколов описания изображений и формирования заключений. К сожалению, в настоящее время в большинстве учебных центров данному вопросу уделяется не более 1 ч в год [32–35]. Поэтому J.M. Bosmans et al. [23] высказываются за введение короткого курса, посвященного обучению и правилам создания протоколов, с теоретическими основами, практически упражнениями и коллективным обсуждением результатов.

Таким образом, как показывает анализ литературных данных, создание и внедрение в клиническую практику новой формы протоколов рентгенологического описания исследований является актуальной проблемой современной медицины. Несмотря на активное развитие медицины и стремительный технический прогресс, протоколы рентгенологического описания мало изменились с момента открытия рентгеновского излучения и становления рентгенологии как дисциплины.

Большинство зарубежных исследователей отмечают, что опрос лечащих врачей и пациентов показал, что структурированные протоколы лучше по содержанию и яснее, чем обычные.

Однако остается ответить на главный вопрос: если структурированные протоколы являются высокоэффективными и позволяют осуществлять связь рентгенологов с лечащими врачами на новом уровне, почему они не получили столь широкого распространения в настоящее время?

Причины этого могут заключаться в следующем:

1) отсутствие единого стандартизованного словаря терми-

нов в области лучевой диагностики, который бы использовался всеми рентгенологическими сообществами;

2) недостаточное количество данных и исследований, посвященных использованию шаблонов структурированного описания в клинической практике;

3) отсутствие привлекательной технологии для создания единой базы структурированных протоколов.

Российская лучевая диагностика пока находится лишь в начале этого пути. Решение данных проблем позволит внедрить структурированные протоколы в клиническую практику, что приведет к более четкому и полному пониманию данных лучевых исследований врачами других специальностей и, соответственно, положительно скажется на ведении и лечении пациентов. Компьютеризация здравоохранения также существенно выиграет от введения структурированных протоколов описания лучевых исследований.

Литература/References

1. Sistrom C.L., Honeyman-Buck J. Free text versus structured format: information transfer efficiency of radiology reports. *Am. J. Roentgenol.* 2005; 185 (3): 804–12.
2. Sistrom C.L., Langlotz C.P. A framework for improving radiology reporting. *J. Am. Coll. Radiol.* 2005; 2: 159–67.
3. Weiss D.L., Langlotz C.P. Structured reporting: patient care enhancement or productivity nightmare? *Radiology.* 2008; 249 (3): 739–47.
4. Kahn C.E., Langlotz C.P., Burnside E.S. et al. Toward best practices in radiology reporting. *Radiology.* 2009; 252 (3): 852–6.
5. Flanders A.E., Lakhani P. Radiology reporting and communications: a look forward. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2012; 22 (3): 477–96.
6. Khorasani R., Bates D.W., Teeger S. et al. Is terminology used effectively to convey diagnostic certainty in radiology reports? *Acad. Radiol.* 2003; 10 (6): 685–8.

7. Hickey P. Standardisation of roentgen-ray reports. *Am. J. Roentgenol.* 1922; 9: 422.
8. Langlotz C.P. RadLex: a new method for indexing online educational materials. *Radiographics.* 2006; 26 (6): 1595–7.
9. RSNA-NIBIB RadLex Ontology Project. <https://www.fbo.gov/spg/HHS/NIH/NHLBI/NHLBI-PB-BB-2008-158-RCO/listing.html>. Accessed December 9, 2008.
10. Marwede D., Schulz T., Kahn T. Indexing thoracic CT reports using a preliminary version of a standardized radiological lexicon (RadLex). *J. Digit. Imaging.* 2008; 21 (4): 363–70.
11. Hong Y., Zhang J., Heilbrun M.E. et al. Analysis of RadLex coverage and term co-occurrence in radiology reporting templates. *J. Digit. Imaging.* 2012; 25 (1): 56–62.
12. Hong Y., Kahn C.E. Jr. Content analysis of reporting templates and free-text radiology reports. *J. Digit. Imaging.* 2013; 26 (5): 843–9.
13. Woods R.W., Eng J. Evaluating the completeness of RadLex in the chest radiography domain. *Acad. Radiol.* 2013; 20 (11): 1329–33.
14. Langlotz C.P., Caldwell S.A. The completeness of existing lexicons for representing radiology report information. *J. Digit. Imaging.* 2002; 15 (Suppl. 1): 201–5.
15. Langlotz C.P. ACR BI-RADS for breast imaging communication: a roadmap for the rest of radiology. *J. Am. Coll. Radiol.* 2009; 6 (12): 861–3.
16. Schwartz L.H., Panicek D.M., Berk A.R. et al. Improving communication of diagnostic radiology findings through structured reporting. *Radiology.* 2011; 260 (1): 174–81.
17. Kong A., Barnett G.O., Mosteller F. et al. How medical professionals evaluate expressions of probability. *N. Engl. J. Med.* 1986; 315: 740–4.
18. Lazarus E., Mainiero M.B., Schepps B. et al. BI-RADS lexicon for US and mammography: inter-observer variability and positive predictive value. *Radiology.* 2006; 239: 385–91.
19. Baker J.A., Kornguth P.J., Floyd C.E. Breast imaging reporting and data system standardized mammography lexicon: observer variability in lesion description. *Am. J. Roentgenol.* 1996; 166 (4): 773–8.
20. Johnson A.J., Chen M.Y., Swan J.S. et al. Cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. *Radiology.* 2009; 253 (1): 74–80.
21. Johnson A.J., Chen M.Y., Zapadka M.E. et al. Radiology report clarity: a cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. *J. Am. Coll. Radiol.* 2010; 7 (7): 501–56.
22. Clinger N.J., Hunter T.B., Hillman B.J. Radiology reporting: attitudes of referring physician. *Radiology.* 1988; 169 (3): 825–6.
23. Bosmans J.M., Weyler J.J., De Schepper A.M., Parizel P.M. The radiology report as seen by radiologists and referring clinicians: results of the COVER and ROVER surveys. *Radiology.* 2011; 259 (1): 184–95.
24. Heikkinen K., Löyttyniemi M., Kormano M. Structure and content of 400 CT reports in four teaching hospitals using a new, Windows-based software tool. *Acta Radiol.* 2000; 41 (1): 102–5.
25. Naik S.S., Hanbidge A., Wilson S.R. Radiology reports: examining radiologist and clinician preferences regarding style and content. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 176 (3): 591–8.
26. Bosmans J.M., Weyler J.J., Parizel P.M. Structure and content of radiology reports, a quantitative and qualitative study in eight medical centers. *Eur. J. Radiol.* 2009; 72 (2): 354–8.
27. Plumb A.A., Grieve F.M., Khan S.H. Survey of hospital clinicians' preferences regarding the format of radiology reports. *Clin. Radiol.* 2009; 64 (4): 386–94.
28. Grieve F.M., Plumb A.A., Khan S.H. Radiology reporting: a general practitioner's perspective. *Br. J. Radiol.* 2010; 83 (985): 17–22.
29. Ash J.S., Berg M., Coiera E. Some unintended consequences of information technology in health care: the nature of patient care information system-related errors. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2004; 11: 104–12.
30. Garrod S. How groups co-ordinate their concepts and terminology: implications for medical informatics. *Methods Inf. Med.* 1998; 37: 471–6.
31. Gunderman R., Ambrosius W.T., Cohen M. Radiology reporting in an academic children's hospital: what referring physicians think. *Pediatr. Radiol.* 2000; 30 (5): 307–14.
32. Steele J.L., Nyce J.M., Williamson K.B. et al. Learning to report. *Acad. Radiol.* 2002; 9 (7): 817–20.
33. Bosmans J.M., Van Goethem J.W., De Schepper A.M. Structure and content of the radiological report: an audit of 94 reports from a university education center [in Dutch]. *JBR-BTR.* 2004; 87 (5): 260–4.
34. Sistrom C., Lanier L., Mancuso A. Reporting instruction for radiology residents. *Acad. Radiol.* 2004; 11 (1): 76–84.
35. Lee R., Cohen M.D., Jennings G.S. A new method of evaluating the quality of radiology reports. *Acad. Radiol.* 2006; 13 (2): 241–8.

Поступила 02.10.2014

Роль позитронной эмиссионной томографии в оценке гемодинамики опухолей головного мозга

А.А. Станжевский, д. м. н., руководитель научно-организационного отдела, радиолог;

А.Ф. Панфиленко, к. м. н., вед. науч. сотр. отдела лучевой диагностики;

Л.А. Тютин, д. м. н., профессор, руководитель отдела лучевой диагностики, заместитель директора по научной работе;

Ю.Р. Илющенко, науч. сотр. отдела лучевой диагностики

ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий»

Министерства здравоохранения РФ,

пос. Песочный, ул. Ленинградская, 70, Санкт-Петербург, 197758, Российская Федерация

Role of positron emission tomography in the hemodynamic evaluation of brain tumors

A.A. Stanzhevskiy, MD, PhD, DSc, Head of Scientific-organizational Department, Radiologist;

A.F. Panfilenko, MD, PhD, Leading Research Associate of Department of Radiology;

L.A. Tyutin, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Department of Radiology,

Deputy Director for Science;

Yu.R. Ilyushchenko, Research Associate of Department of Radiology

Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies,

Ministry of Health of the RF,

poselok Pesochnyy, ul. Leningradskaya, 70, St. Petersburg, 197758,

Russian Federation

Представлен анализ литературы, посвященной использованию позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) с различными радиофармпрепаратами (РФП) в оценке мозгового кровотока, перфузии, а также состояния гематоэнцефалического барьера с целью изучения биологических свойств, диагностики, дифференциальной диагностики, стадирования и оценки эффективности лечения новообразований головного мозга. Детально описаны основные количественные показатели перфузии и мозгового кровотока, которые можно определять с помощью ПЭТ, представлено их сопоставление с морфологическими критериями оценки ангиогенеза и степени васкуляризации опухолевой ткани.

Известно, что развитие опухоли является многофакторным процессом. Ведущие его звенья – гипоксия опухолевых клеток и ангиогенез [1]. Гипоксия опухоли обычно рассматривается как состояние пониженной доступности кислорода или уменьшенного парциального напряжения O_2 (давление кислорода, величина pO_2) – ниже критических значений, сопровождающееся появлением и нарастанием клинических, биологических и/или молекулярных эффектов, характерных для злокачественных ново-

образований. Установлено, что гипоксия тесно связана с феноменом неоангиогенеза, в результате которого происходит формирование сети капилляров опухоли из эндотелиальных клеток, выстилающих мелкие венулы [2]. Неоангиогенез является необходимым условием для роста опухолевого очага, достигшего в диаметре 2–4 мм [1, 3].

О неоангиогенезе и гипоксии опухоли головного мозга можно косвенно судить по уровню мозгового кровотока в опухолевой ткани [4]. Мозговой кровоток

The review analyzes the literature on the use positron emission tomography (PET) with various radiopharmaceuticals in the assessment of cerebral blood flow, perfusion, the blood-brain barrier in order to investigate the biological properties, diagnosis, differential diagnosis, staging of brain neoplasms and in the evaluation of the efficiency of their treatment. The main qualitative perfusion and cerebral blood flow indicators that can be identified by PET are described in detail and compared with morphological criteria for estimation of angiogenesis and the degree of tumor tissue vascularization.

традиционно характеризуется двумя показателями: скоростью кровотока в единицу времени (например, мл/мин) и уровнем

Ключевые слова:

позитронная эмиссионная томография, опухоли головного мозга, радиофармпрепарат, перфузия, мозговой кровоток, гематоэнцефалический барьер

Index terms:

positron emission tomography, brain tumors, radiopharmaceutical, perfusion, cerebral blood flow, blood-brain barrier

тканевой перфузии, которая выражается как объем крови, протекающий через определенное количество ткани за единицу времени [5, 6]. К основным параметрам мозгового кровотока относятся его скорость (СМК, cerebral blood flow – CBF) и объем (ОМК, cerebral blood volume – CBV) [6, 7]. Оба показателя широко используются при анализе перфузионных изображений, полученных с помощью лучевых методов визуализации.

СМК можно охарактеризовать как количество крови, которая проходит через капилляры заданного объема ткани за единицу времени (мл/100 г/мин). Эта характеристика описывает насыщение тканей кислородом и питательными веществами, хотя и не отражает их количество в крови или транспорт через гематоэнцефалический барьер. В узком смысле термин «перфузия» относится именно к данному показателю кровотока [4].

ОМК представляет собой общий объем крови в выбранном участке мозговой ткани (мл/100 мл (г) ткани). Этот показатель является индикатором вазодилатации, которая играет важную роль в кровоснабжении тканей и находится в обратной зависимости от резистентности микрососудистого русла [4]. Объем крови в опухоли – один из важнейших показателей, который можно определять с помощью технологий лучевой визуализации. Известно, что уровень регионального объема крови в опухолевой ткани отражает выраженность ее васкуляризации и коррелирует со степенью злокачественности глиальных опухолей [8, 9]. При этом объем крови в опухоли позволяет косвенно судить о показателе микрососудистой плотности. Связь между выраженностью микрососудистой плотности и агрессивностью опухоли в настоящее время пытаются объяснить несколькими факторами: солидные опухоли состоят из двух взаимозависимых компонентов – злокаче-

ственных клеток и стромы. Уровень микрососудистой плотности отражает формирование стромальных элементов опухоли; эндотелиальные клетки стромы стимулируют рост опухолевых клеток. Их число увеличивается по мере повышения плотности сосудов в опухолевой ткани; опухоли с высокой плотностью сосудов обладают большей способностью образовывать ангиогенные клоны, которые могут трансформироваться в метастазы [10].

Исследования, проведенные на животных, позволили выявить достоверную сильную корреляционную зависимость между уровнем церебрального объема крови и выраженностью микрососудистой плотности в глиальных опухолях [11]. Это обусловлено тем, что церебральный объем крови в опухоли возрастает вследствие увеличения числа и размера сосудистых компонентов опухоли ткани.

Изучение мозгового кровотока и перфузии в веществе мозга и опухолевой ткани возможно путем определения уровня поглощения кислорода и его метаболизма. Первые экспериментальные исследования, посвященные изучению этого вопроса, были проведены S.S. Kety и C.F. Schmidt в конце 1940-х гг. [12–14]. На основании данных, полученных путем построения кривых концентрации оксида азота в артериальной и венозной крови, были рассчитаны средние значения односторонней фракции извлечения кислорода из притекающей артериальной крови и СМК. Путем умножения указанных выше показателей на концентрацию кислорода в артериальной крови были получены средние величины уровня обмена кислорода (УОК), мл/мин/100 г. Позднее, в конце 1950-х гг. прошлого века, с учетом результатов этого исследования был выполнен ряд экспериментальных работ на животных с целью определения регионального перфузии головного мозга методом автордиографии *ex vivo* [6].

В первой работе, посвященной этой проблеме, для определения значений регионального мозгового кровотока использовался инертный газ ^{131}I -трифторметан [14]. На основании проведенных исследований в 1955 г. была опубликована статья, в которой представлены значения перфузии в 28 структурах головного мозга, полученные путем изучения срезов мозга кошки [15]. В следующем десятилетии стало возможным изучение перфузии головного мозга в клинических условиях. Для этого использовали ксенон-133 – инертный свободно диффундирующий газ, который вводился пациентам ингаляционным путем [16, 17]. Несколько ранее для исследования перфузии головного мозга в эксперименте был применен ультракороткоживущий позитронизлучающий радионуклид кислород-15. Исследования проводились на животных-опухоленосителях (крысах), с ингаляционным введением молекулярного кислорода-15 ($^{15}\text{O}_2$) и последующим изучением гистологического материала методом автордиографии [18]. Эти же авторы десятилетием позже впервые в мире представили данные об использовании кислорода-15 для изучения его экстракции и региональной перфузии головного мозга у человека [7]. Исследование выполняли путем вдыхания препарата, а его распределение регистрировали с помощью пары детекторов. Следует, однако, отметить, что несколько ранее были опубликованы работы, в которых кислород-15 (в виде $^{15}\text{O}_2$ или C^{15}O_2) использовался для регистрации регионального клиренса указанных РФП с целью измерения кислородного обмена и перфузии легких у добровольцев [14].

С развитием технологии позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) стало возможным изучение перфузии головного мозга *in vivo* с визуализацией распределения кислорода-15 в его веществе и количественным анализом полученных данных.

Таблица 1

Значения СМК, ФИК и УОК, полученные в группе контроля и у пациентов с опухолями головного мозга (глиальными опухолями и метастазами) с помощью ПЭТ с $H_2^{15}O$

Количественный критерий	Серое вещество в контрольной группе	Серое вещество, контралатеральное опухоли	Ткань опухоли	Белое вещество, контралатеральное опухоли	Белое вещество в контрольной группе
СМК, мл/100 мл/мин	42,8±8,4	39,6±4,9	24,2±14,8	22,7±5,6	24,0±4,3
ОМК, мл/100 мл	3,8±0,5	4,1±0,6	3,4±1,3	2,5±0,6	2,5±0,3
УОК, мл/мин/100 г	3,0±0,4	3,0±0,4	1,0±0,5	1,52±0,4	1,6±0,3
ФИК, %	42,3±7,4	43,3±4,4	21,6±3,8	38,8±5,2	40,2±7,0

В 1983 г. была опубликована статья, в которой впервые были представлены теоретические аспекты измерения кровотока методом Kety–Schmidt, адаптированного к ПЭТ [19]. Иными словами, методика определения регионального мозгового кровотока с помощью автордиографии была адаптирована для применения в условиях *in vivo*.

К настоящему времени основными РФП для определения перфузии головного мозга являются различные вещества, содержащие кислород-15 ($^{15}O_2$, $C^{15}O_2$, $H_2^{15}O$) [6, 15, 20]. Это обусловлено прежде всего коротким периодом полураспада данного радионуклида (2,1 мин), что сопоставимо с временными рамками процессов утилизации кислорода, протекающих в организме [15]. Способ введения и процедура исследования зависят от радиофармпрепарата. $H_2^{15}O$ вводится внутривенным способом [15]. $C^{15}O_2$ вводят ингаляционно, путем вдыхания РФП в течение 8–10 мин [6, 20]. В сосудистой сети легких под воздействием фермента карбонангидразы из $C^{15}O_2$ образуется $H_2^{15}O$. Для количественной обработки данных в качестве входной функции, как правило, используется концентрация РФП в образце артериальной крови, с последующим построением перфузионных карт и расчетом регионального мозгового кровотока по методу Kety–Schmidt [15, 20].

В настоящее время ПЭТ с РФП на основе кислорода-15 в нейроонкологической клинике применяется достаточно редко, в основном для сопоставления

полученных данных с результатами перфузионной МСКТ или МРТ [6]. Большинство имеющихся работ были выполнены в 80-х–90-х годах прошлого века. Тем не менее ПЭТ с $H_2^{15}O$ остается «золотым стандартом» для неинвазивной оценки перфузионных изменений в нормальных тканях и при различных патологических состояниях, в том числе в условиях опухолевого роста [15]. Достоинством этого метода является возможность количественного анализа СМК. Кроме того, ПЭТ позволяет оценить ОМК (в % или мл/100 мл образца ткани), который отражает объем сосудистого пространства относительно общего объема выбранного участка ткани. В нормальных условиях эти два показателя, как правило, находятся в строгой корреляции, однако в опухолевой ткани взаимосвязь между ними может существенно нарушаться. Наряду с СМК и ОМК с помощью $H_2^{15}O$ удается неинвазивным путем оценить фракцию извлечения кислорода (ФИК) из притекающей артериальной крови, которая представляет собой производную от регионального захвата ^{15}O [6, 20]. Еще одним количественным критерием оценки перфузии методом ПЭТ является уровень обмена кислорода [6, 15, 21]. Как было отмечено выше, эта величина представляет собой производную от ФИК, СМК и концентрации кислорода в плазме крови.

Значения СМК, ФИК и УОК, полученные в группе контроля и у пациентов с опухолями головного мозга, представлены в таблице 1 [22].

По результатам анализа в глиомах головного мозга и метастатических очагах наблюдается снижение ФИК, несмотря на достаточное снабжение их кислородом. Вероятнее всего, это обусловлено увеличением интенсивности анаэробного гликолиза в опухолевой ткани по мере ее роста. Учитывая уменьшение ФИК, можно предположить, что УОК в этих образованиях будет также заметно снижаться, несмотря на то, что СМК может оставаться неизменной или незначительно уменьшаться. Уровень мозгового кровотока при этом может варьировать в заметных пределах – от 6 до 164 мл/100 мл/мин. В таблице 2 представлены значения СМК в злокачественных и доброкачественных глиальных опухолях по данным ПЭТ и перфузионной МСКТ [23].

Согласно приведенным данным, достоверные различия в уровне регионального мозгового кровотока между доброкачественными и злокачественными опухолями глиального ряда были получены только при использовании перфузионной МСКТ, в то время как величины СМК по данным ПЭТ с $H_2^{15}O$ между группами достоверно не различались. Аналогичные результаты наблюдались в исследовании, в котором сопоставлялись возможности дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований головного мозга с помощью перфузионной МРТ с использованием последовательностей SE-EPI и GE-EPI [23–27]. Применение последовательности

Значения СМК в опухолях глиального ряда различной степени злокачественности

Степень злокачественности опухоли (по классификации ВОЗ, 2007)	Значения СМК (m±SD)			Нормализованные значения СМК* (m±SD)	
	ПЭТ	МСКТ	r ²	ПЭТ	МСКТ
I–II	18,4±8,3	32,9±15,8	0,35±0,5	1,2±0,4	1,1±0,4
III–IV	21,5±7,0	81,5±15,4	0,11±0,1	1,6±0,5	2,7±0,5

*Нормализованные значения СМК к белому веществу головного мозга.

SE-EPI не позволило достоверно разграничить опухоли различной степени злокачественности. В то же время при GE-EPI MPT выявлены достоверные различия в уровне мозгового кровотока между злокачественными и доброкачественными глиомами. Отсутствие достоверной зависимости уровня СМК от степени злокачественности опухоли по данным ПЭТ с РФП на основе кислорода-15 и перфузионной SE-EPI MPT может быть обусловлено тем, что данные методы лучевой визуализации отражают преимущественно капиллярный кровоток в опухолевой ткани, то есть микроциркуляторный компонент сосудистого русла опухоли. В большей степени полученные с помощью указанных технологий данные могут быть использованы для оценки патофизиологического и метаболического микроокружения опухолевых клеток, в том числе их проницаемости для химиопрепаратов [23]. Перфузионная КТ и MPT с GE-EPI-последовательностью, в свою очередь, позволяют оценить состояние всех сосудов опухолевого очага, в том числе не функционирующих. Возможность оценки всех сегментов сосудистого русла опухоли увеличивает зависимость измеряемого уровня кровотока от степени васкуляризации опухолевой ткани, которая, как правило, находится в прямой корреляции с агрессивностью и злокачественностью глиальных опухолей. Кроме того, эти технологии лучевой диагностики дают возможность определения эффективности специфической терапии, на-

правленной на подавление неопластического [23, 27].

Незначительное число работ посвящено изучению возможностей ПЭТ с $H_2^{15}O$ в оценке эффективности терапии опухолей головного мозга [22, 28]. В исследовании К.Н. Plate et al. показано, что лечение дексаметазоном приводит к снижению показателей СМК и ОМК в опухолевом очаге и контралатеральном полушарии, в то время как ФИК повышается, а уровень УОК практически не изменяется [10]. Под воздействием лучевой терапии и химиотерапии происходит снижение величин ОМК, ФИК и УОК в опухолевой ткани. При этом в сером веществе контралатерального полушария наблюдается незначительное увеличение СМК и ОМК в течение первого месяца после окончания курса лучевой терапии. Уменьшение значений СМК, ОМК и ФИК в области поражения через 3–31 мес после завершения лучевого лечения может рассматриваться как признак эффективности проводимых лечебных мероприятий [28].

Перспективным перфузионным РФП для исследования головного мозга с помощью позитронной эмиссионной томографии является ^{13}N -аммоний. В 1976 г. М.Е. Phelps et al. впервые применили этот РФП для изучения перфузии различных структур головного мозга у здоровых волонтеров [29]. В этой же работе в эксперименте на макаках-резус было показано, что накопление препарата коррелирует с плотностью капилляров и уровнем мозгового кровотока. ^{13}N -ам-

моний попадает в ткань через тонкую стенку мелких сосудов (капилляров), имеющих большую площадь поверхности. Сопоставление распределения ^{11}CO -гемоглобина и ^{13}N -аммония показало, что последний прежде всего отражает капиллярную перфузию опухоли и практически не накапливается в структурах, содержащих преимущественно крупные сосуды (например, в артериовенозных мальформациях). Экстракция ^{13}N -аммония тканью головного мозга из капиллярного русла нелинейно увеличивается с ростом мозгового кровотока и в первую очередь зависит от его величины, а также показателя проницаемости в области интереса и активности глутаматсинтетазы [30]. Под ее воздействием ^{13}N -аммоний вступает в реакцию с глутаминовой кислотой и накапливается в клетках в виде ^{13}N -глутамина. Гиперфиксация РФП в опухоли определяется двумя основными факторами: капиллярным кровотоком и метаболическими свойствами клеток опухолевой ткани. Кроме того, некоторое значение может иметь нарушение проницаемости гематоэнцефалического барьера, которое наблюдается при опухолях головного мозга, особенно злокачественных глиомах [30, 31].

В работе G.J. Pilkington et al. было выявлено положительное окрашивание клеток образованных глиального ряда на глутаматсинтетазу с использованием непрямого иммунопероксидазного метода, а также метода ПАП (пероксидаза-антипероксидаза). При этом выраженность окраши-

вания находилась в прямой корреляции со степенью дифференцировки опухолевых клеток [32]. Сходные данные были получены в работах J. Akimoto et al. [33]. Представленные результаты могут являться подтверждением того, что накопление ^{13}N -аммония в опухолевой ткани происходит посредством глутамин-глутаматного метаболического пути и зависит от активности глутамат-синтазы.

В последние годы в литературе появились работы, свидетельствующие об эффективности использования ^{13}N -аммония для оценки степени злокачественности новообразований головного мозга, а также дифференциальной диагностики продолженного роста опухоли и зоны лучевых повреждений. Так, исследование, проведенное Z. Xiangsong et al., показало, что для глиом низкой степени дифференцировки характерны высокие значения индекса накопления РФП (отношение гиперфиксации препарата в опухоли к его захвату контра-латеральными неизменёнными отделами головного мозга) и индекса перфузии (средние значения индекса накопления на первых 12 кадрах серии динамических ПЭТ-изображений) [30]. Данные показатели в группе пациентов с анапластическими астроцитомами и мультиформными глиобластомами составили $5,92 \pm 2,27$ и $5,22 \pm 1,67$ ($p < 0,01$) соответственно. Для доброкачественных образований глиального ряда показатели индекса накопления и индекса перфузии соответственно определялись на уровне $1,66 \pm 0,61$ ($p < 0,01$). Кроме того, отмечались достоверные различия этих показателей в группах пациентов с глиомами высокой степени дифференцировки и неопухолевыми изменениями вещества головного мозга (радиационный некроз, постинсультные изменения, энцефалит).

Аналогичные данные были получены в более позднем исследовании, выполненном этими же

авторами [31]. В этой работе ПЭТ с ^{13}N -аммонием позволяла проводить дифференциальную диагностику рецидива злокачественных астроцитарных опухолей и зон радиационного некроза с высоким уровнем достоверности и более точно, чем позитронная эмиссионная томография с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. Совпадение данных ПЭТ с результатами анализа гистологического материала, полученного с помощью стереотаксической биопсии или хирургического вмешательства, по данным Z. Xiangsong et al., составило 100 и 75% соответственно.

Высокая эффективность ПЭТ с ^{13}N -аммонием в дифференциальной диагностике постлучевых изменений и продолженного роста глиом может быть объяснена существенным различием сосудистого компонента при указанных патологических состояниях. Злокачественные опухоли характеризуются высокой ангиогенной активностью с наличием большого числа незрелых сосудов, для которых свойственна повышенная извитость и высокая проницаемость вследствие особенностей выстилающего их эндотелия [1, 11]. Кроме того, в них отсутствуют базальные мембраны и перicyты, а также элементы гладкой мускулатуры. В зоне радиационных поражений наблюдается фибриноидный некроз средних и мелких артерий с проявлениями сосудистой пролиферации. Исследования с моделированием острого лучевого поражения, выполненные у крыс, показали, что в зоне воспаления, расположенной вокруг фокуса некроза, отмечается снижение перфузии с одновременным увеличением метаболизма аминокислот, глюкозы, холина и, соответственно, гиперфиксацией в этой области ^{18}F -фторэтилтирозина, ^{18}F -фтордезоксиглюкозы и ^{18}F -фторхолина [34]. Полученные данные позволяют предположить, что более широкое использование ПЭТ с ^{13}N -аммонием в нейроонкологической кли-

нике позволит увеличить эффективность диагностики опухолей головного мозга различной степени злокачественности, а также дифференциальной диагностики рецидивов злокачественных новообразований и участков лучевых повреждений.

Известно, что развитие опухолевого процесса в веществе головного мозга сопровождается выраженным в той или иной степени нарушением проницаемости гематоэнцефалического барьера [35]. Гематоэнцефалический барьер представляет собой комплекс, состоящий из эндотелиальных клеток капилляров, перицитов, астроглиальных клеток и периваскулярных макрофагов. Основной его функцией является поддержание гомеостаза головного мозга. Гематоэнцефалический барьер защищает нервную ткань от циркулирующих в крови микроорганизмов, токсинов, клеточных и гуморальных факторов иммунной системы, которые воспринимают ткань мозга как чужеродную [36]. Иными словами, он выполняет функции высокоселективного фильтра, через который из кровеносного русла в мозг поступают питательные вещества, а в обратном направлении выводятся продукты жизнедеятельности нервной ткани. Вследствие существования гематоэнцефалического барьера только определенные вещества могут попадать во внеклеточное вещество головного мозга [37]. Факторы роста опухоли повышают проницаемость гематоэнцефалического барьера. Одним из важнейших сигнальных белков, увеличивающих его проницаемость и регулирующих процессы неопластического ангиогенеза, является фактор роста эндотелия сосудов (VEGF). Исследование образцов опухолевой ткани головного мозга, полученных из операционного материала, показало сильную корреляцию между проницаемостью капилляров, объемом сосудистой сети опухоли и уровнем матричной РНК, кодирующей VEGF [1, 35].

Оценка состояния гематоэнцефалического барьера при опухолях головного мозга методами ядерной медицины стала возможной уже с 70-х годов прошлого века. С этой целью успешно применяются радиофармпрепараты, меченные ^{99m}Tc , в частности ^{99m}Tc -пертехнетат, накопление которого в области поражения свидетельствует о повреждении гематоэнцефалического барьера [9]. В 1980-е гг. в зарубежной литературе появился ряд работ, свидетельствующих о возможности использования для этих целей позитронной эмиссионной томографии с генераторным РФП $^{82}\text{RbCL}$ [38–40]. Ион $^{82}\text{Rb}^+$ по своим физико-химическим и биологическим свойствам представляет аналог иона $^{42}\text{K}^+$ [38]. Основным механизмом, обеспечивающим аккумуляцию $^{82}\text{Rb}^+$ в опухолях головного мозга, является активный трансмембранный перенос иона $^{82}\text{Rb}^+$ с помощью Na^+/K^+ -насоса. В норме гематоэнцефалический барьер практически не проницаем для ионов K^+ . Транспорт калия через гематоэнцефалический барьер регулируется посредством АТФ-аз, расположенных на мембранах эндотелиоцитов [37]. При повреждении гематоэнцефалического барьера его проницаемость для ионов K^+ резко возрастает.

Одним из первых исследований, касающихся применения $^{82}\text{RbCL}$ для оценки состояния гематоэнцефалического барьера, была работа С.-К. Yen и Т.Ф. Buidinger [38]. В серии экспериментов на обезьянах авторы показали, что захват $^{82}\text{Rb}^+$ и $^{86}\text{Rb}^+$ в веществе мозга резко увеличивается при повышении проницаемости гематоэнцефалического барьера путем инфузии в сонную артерию 3 М раствора мочевины. Эти же авторы обследовали с помощью ПЭТ с $^{82}\text{RbCL}$ 8 пациентов с различными гистологическими типами опухолей головного мозга. Сопоставление полученных ПЭ-томограмм с результатами КТ с контрастным усилением показало, что, как

правило, гиперфиксация РФП наблюдалась в образованиях, интенсивно накапливающих контрастный препарат при КТ. На основании анализа графиков время-активность удалось обнаружить, что в участках вещества мозга с интактным гематоэнцефалическим барьером концентрация $^{82}\text{Rb}^+$ достигала пика и затем резко снижалась, что отражало прохождение РФП через капилляры (капиллярная фаза). Затем активность уменьшалась более постепенно (фаза вымывания) до фонового уровня. В областях с поврежденным гематоэнцефалическим барьером, соответствующих расположению опухоли, характер кривых время-активность был совершенно иным. Активность быстро достигала пика, однако резкого снижения кривой, как в случае неизмененных участков головного мозга, не наблюдалось. После начального снижения активность РФП в опухоли оставалась постоянной, отражая накопление препарата в зоне повреждения гематоэнцефалического барьера.

В случае минимального нарушения гематоэнцефалического барьера у пациентов с опухолями головного мозга выход препарата в ткани оказался слабо выраженным. Эта фракция диагностического агента может визуализироваться, только если концентрация препарата, находящегося в крови, снизится до чрезвычайно низких значений. В связи с этим чувствительность ПЭТ с $^{82}\text{RbCL}$ в определении степени проницаемости гематоэнцефалического барьера выше по сравнению с однофотонной эмиссионной компьютерной томографией с препаратами, меченными ^{99m}Tc , так как последние характеризуются более медленным вымыванием из крови и относительно меньшим захватом в опухолевой ткани [38].

Отдельно стоит остановиться на тех случаях, когда гиперфиксация $^{82}\text{RbCL}$ наблюдается в опухолях, не накапливающих контрастный препарат по дан-

ным КТ или МРТ. Это явление может быть объяснено тем, что ионы Rb (так же как и TcO_4^-) меньше по размеру молекул контрастного вещества. В связи с этим при незначительном нарушении проницаемости гематоэнцефалического барьера ионы Rb могут беспрепятственно проникать в вещество мозга в отличие от более крупных молекул контрастных препаратов [39]. Эту гипотезу подтверждают результаты ряда исследований на животных с повреждением гематоэнцефалического барьера путем инфузии гиперосмолярных веществ [40, 41].

Вопрос о возможности косвенного определения злокачественности опухолей глиального ряда с помощью $^{82}\text{RbCL}$ по уровню его накопления в очаге поражения остается дискуссионным. В ранних работах, посвященных этой проблеме, было показано, что для глиом степень повреждения гематоэнцефалического барьера не коррелирует с выраженностью анаплазии опухолевых клеток по классификации J.F. Kernohan [38]. В нашем исследовании индекс накопления препарата был заметно выше в злокачественных глиальных опухолях по сравнению с доброкачественными (19,2 и 1,25 соответственно) [42]. Этот вопрос нуждается в дальнейшем детальном изучении в условиях эксперимента и клинических исследованиях.

Таким образом, очевидно, что позитронная эмиссионная томография является эффективным методом оценки гемодинамики опухолей головного мозга. С помощью ПЭТ можно изучать ключевые механизмы патогенеза опухолевого процесса, такие как уровень регионального мозгового кровотока, капиллярная перфузия, метаболизм опухолевой ткани, а также степень проницаемости гематоэнцефалического барьера. Все эти показатели оказывают существенное влияние на прогноз заболевания и оценку эффективности терапии. Полученные данные открывают ог-

ромные возможности для раннего выявления, дифференциальной диагностики, изучения биологических свойств опухоли и своевременной оценки эффективности проводимого лечения.

Литература

1. Das S., Marsden P.A. Angiogenesis in glioblastoma. *New Engl. J. Med.* 2013; 369: 1561–3.
2. Mustafa D., Swagemakers S., French P., Luiders T.M., van der Spek P., Kremer A., Kros J.M. Structural and expression differences between the vasculature of pilocytic astrocytomas and glioblastomas. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 2013; 72: 1171–81.
3. Jain R., Gutierrez J., Narang J. et al. In vivo correlation of tumor blood volume and permeability with histological and molecular angiogenic markers in gliomas. *Am. J. Neuroradiol.* 2011; 32: 388–94.
4. Vaupel P., Kallinowski F., Okunieff P. Blood flow, oxygen and nutrient supply, and metabolic microenvironment of human tumors: a review. *Cancer Research.* 1989; 49: 6449–65.
5. Wintermark M., Sesay M., Barber E. et al. Comparative overview of brain perfusion imaging techniques. *J. Neuroradiol.* 2005; 32: 294–314.
6. Granov A., Tyutin L., Schwarz Th. (eds). Positron emission tomography. Heidelberg: Springer; 2013.
7. Jain R. Perfusion CT imaging of brain tumors: an overview. *Am. J. Neuroradiol.* 2011; 32: 1570–7.
8. Aronen H.J., Pardo F.S., Kennedy D.N. et al. High microvascular blood volume is associated with high glucose uptake and tumor angiogenesis in human gliomas. *Clin. Cancer Research.* 2000; 6: 2189–200.
9. Schillaci O., Spanu A., Madeddu G. [^{99m}Tc] sestamibi and [^{99m}Tc] tetrofosmin in oncology: SPET and fusion imaging in lung cancer, malignant lymphomas and brain tumors. *Quart. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2005; 49: 143–4.
10. Plate K.H., Breier G., Weich H.A. et al. Vascular endothelial growth factor is a potential tumour angiogenesis factor in human gliomas in vivo. *Nature.* 1992; 359: 845–8.
11. Weidner N. Intratumor microvessel density as a prognostic factor in cancer. *Am. J. Pathol.* 1995; 147: 9–19.
12. Kety S.S. Quantitative determination of cerebral blood flow in man. *Statist. Meth. Med. Research.* 1948; 1: 204–17.
13. Schmidt C.F., Kety S.S. Recent studies of cerebral blood flow and cerebral metabolism in man. *Transact. Assoc. Am. Physic.* 1947; 60: 52–8.
14. Kety S.S. The measurement of cerebral blood flow by means of inert diffuse tracers. *Keio J. Med.* 1994; 43: 9–14.
15. Landau W.M., Freygang W.H. Jr, Roland L.P., Sokoloff L., Kety S.S. The local circulation of the living brain; values in the unanesthetized and anesthetized cat. In: Transactions of the American Neurological Association. 1955–1956. 80th Meeting: 125–9.
16. Veall N., Mallett B.L. The Xe133 inhalation technique for regional cerebral blood flow studies. *Strahlentherapie Sonderb.* 1967; 65: 166–73.
17. Veall N., Mallett B.L. Regional cerebral blood flow determination by 133-Xe inhalation and external recording: the effect of arterial recirculation. *Clin. Science.* 1966; 30: 353–69.
18. Portnow L.H., Vaillancourt D.E., Okun M.S. The history of cerebral PET scanning: from physiology to cutting-edge technology. *Neurology.* 2013; 80: 952–6.
19. Herscovitch P., Markham J., Raichle M.E. Brain blood flow measured with intravenous H₂¹⁵O. Theory and error analysis. *J. Nucl. Med.* 1983; 24: 782–9.
20. Vallabhajosula S. Molecular imaging. Radiopharmaceuticals for PET and SPECT. NY, USA: Springer.
21. Grüner J.M., Paamand R., Højgaard L., Law I. Brain perfusion CT compared with ¹⁵O-H₂O-PET in healthy subjects. *Eur. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2011; 1: 1–28.
22. Leenders K.L. PET: blood flow and oxygen consumption in brain tumors. Review. *J. Neurooncol.* 1994; 22: 269–73.
23. Grüner J.M., Paamand R., Kosteljanetz M., Broholm H., Højgaard L., Law I. Brain perfusion CT compared with ¹⁵O-H₂O PET in patients with primary brain tumors. *Eur. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2012; 39: 1691–701.
24. Covarrubias D.J., Rosen B.R., Lev M.H. Dynamic magnetic resonance perfusion imaging of brain tumors. *Oncologist.* 2004; 9: 528–37.
25. Boxerman J.L., Hamberg L.M., Rosen B.R., Weisskoff R.M. MR contrast due to intravascular magnetic susceptibility perturbations. *Magnetic Reson. Med.* 1995; 34: 555–66.
26. Sugahara T., Korogi Y., Kochi M., Ikushima I., Hirai T., Okuda T. et al. Correlation of MR imaging-determined cerebral blood volume maps with histologic and angiographic determination of vascularity of gliomas. *Am. J. Roentgenol.* 1998; 171: 1479–86.
27. Sugahara T., Korogi Y., Kochi M., Ushio Y., Takahashi M. Perfusion-sensitive MR imaging of gliomas: comparison between gradient-echo and spin-echo echo-planar imaging techniques. *Am. J. Neuroradiol.* 2001; 22: 1306–15.
28. Leenders K.L., Beaney R.P., Brooks D.J., Lammertsma A.A., Heather J.D., McKenzie C.G. Dexamethasone treatment of brain tumor patients: effects on regional cerebral blood flow, blood volume, and oxygen utilization. *Neurology.* 1985; 35: 1610–6.
29. Phelps M.E., Hoffman E.J., Coleman R.E., Welch M.J., Raichle M.E., Weiss E.S. et al. Tomographic images of blood pool and perfusion in brain and heart. *J. Nucl. Med.* 1976; 17: 603–12.
30. Xiangsong Z., Changhong L., Weian C., Dong Z. PET imaging of cerebral astrocytoma with ¹³N-ammonia. *J. Neurooncol.* 2006; 78: 145–51.
31. Xiangsong Z., Weian C. Differentiation of recurrent astrocytoma from radiation necrosis: a pilot study with ¹³N-NH₃ PET. *J. Neurooncol.* 2007; 82: 305–11.
32. Pilkington G.J., Lantos P.L. The role of glutamine synthetase in the diagnosis of cerebral tumours. *Neuropathol. Applied Neurobiol.* 1982; 8: 227–36.
33. Akimoto J., Itoh H., Miwa T., Ikeda K. Immunohistochemical study of glutamine synthetase expression in early glial development. *Brain Research Develop. Brain Research.* 1993; 72: 9–14.
34. Spaeth N., Wyss M.T., Weber B., Scheidegger S., Lutz A., Verwey J. et al. Uptake of ¹⁸F-fluorocholine, ¹⁸F-fluoroethyl-L-tyrosine, and ¹⁸F-FDG in acute cerebral radia-

tion injury in the rat: implications for separation of radiation necrosis from tumor recurrence. *J. Nucl. Med.* 2004; 45: 1931–8.

35. Provenzale J.M., Mukundan S., Dewhirst M. The role of blood-brain barrier permeability in brain tumor imaging and therapeutics. *Am. J. Roengenol.* 2005; 185: 763–7.
36. Pinzón-Daza M.L., Campia I., Kopecka J., Garzón R., Ghigo D., Riganti C. Nanoparticle- and liposome-carried drugs: new strategies for active targeting and drug delivery across blood-brain barrier. *Current Drug Metabolism.* 2013; 14: 625–40.
37. Laamertsma Brooks D.J., Beane R.P., Laamertsma A.A., Leenders K.L., Horlock P.L., Kensett M.J. et al. Quantative measurement of blood-brain barrier permeability using rubidium-82 and positron emission tomography. *J. Cerebr. Blood Flow Metabol.* 1984; 4: 535–45.
38. Yen C-K., Yano Y., Budinger T.F., Friedland R.P., Derenzo S.E., Huesman R.H., O'Brien H.A. Brain tumor evaluation using Rb-82 and positron emission tomography. *J. Nucl. Med.* 1982; 23: 532–7.
39. Lammertsma A.A., Brooks D.J., Frackowiak R.S.J., Heather J.D., Jones T. A method to quantitate the fractional extraction of rubidium 82 across the blood-brain barrier using positron emission tomography. *J. Cerebr. Blood Flow Metabol.* 1984; 4: 523–34.
40. Studer R.K., Welch D.M., Siegel B.A. Transient alteration of the blood-brain barrier: effect of hypertonic solutions administered via carotid artery injection. *Exp. Neurol.* 1974; 44: 266–73.
41. Thompson A.M. Hyperosmotic effects on brain uptake of non-electrolytes. In: Crone C., Lassen N.A. (eds). *Capillary Permeability*. Copenhagen: Munksgaard; 1969: 459–68.
42. Гранов А.М., Тютин Л.А., Костеников Н.А., Рыжкова Д.В., Жуйков Б.Л., Мостова М.И. и др. Первый опыт использования $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ генератора в онкологической клинике. *Лучевая диагностика и терапия.* 2012; 4: 31–9.

References

1. Das S., Marsden P.A. Angiogenesis in glioblastoma. *New Engl. J. Med.* 2013; 369: 1561–3.
2. Mustafa D., Swagemakers S., French P., Luider T.M., van der Spek P., Kremer A., Kros J.M. Structural and expression differences between the vasculature of pilocytic astrocytomas and glioblastomas. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 2013; 72: 1171–81.
3. Jain R., Gutierrez J., Narang J. et al. In vivo correlation of tumor blood volume and permeability with histological and molecular angiogenic markers in gliomas. *Am. J. Neuro-radiol.* 2011; 32: 388–94.
4. Vaupel P., Kallinowski F., Okunieff P. Blood flow, oxygen and nutrient supply, and metabolic microenvironment of human tumors: a review. *Cancer Research.* 1989; 49: 6449–65.
5. Wintermark M., Sesay M., Barber E. et al. Comparative overview of brain perfusion imaging techniques. *J. Neuroradiol.* 2005; 32: 294–314.
6. Granov A., Tyutin L., Schwarz Th. (eds). *Positron emission tomography*. Heidelberg: Springer; 2013.
7. Jain R. Perfusion CT imaging of brain tumors: an overview. *Am. J. Neuroradiol.* 2011; 32: 1570–7.
8. Aronen H.J., Pardo F.S., Kennedy D.N. et al. High microvascular blood volume is associated with high glucose uptake and tumor angiogenesis in human gliomas. *Clin. Cancer Research.* 2000; 6: 2189–200.
9. Schillaci O., Spanu A., Madeddu G. [$^{99\text{m}}\text{Tc}$] sestamibi and [$^{99\text{m}}\text{Tc}$] tetrofosmin in oncology: SPET and fusion imaging in lung cancer, malignant lymphomas and brain tumors. *Quart. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2005; 49: 143–4.
10. Plate K.H., Breier G., Weich H.A. et al. Vascular endothelial growth factor is a potential tumour angiogenesis factor in human gliomas in vivo. *Nature.* 1992; 359: 845–8.
11. Weidner N. Intratumor microvessel density as a prognostic factor in cancer. *Am. J. Pathol.* 1995; 147: 9–19.
12. Kety S.S. Quantitative determination of cerebral blood flow in man. *Statist. Meth. Med. Research.* 1948; 1: 204–17.
13. Schmidt C.F., Kety S.S. Recent studies of cerebral blood flow and cerebral metabolism in man. *Transact. Assoc. Am. Physic.* 1947; 60: 52–8.
14. Kety S.S. The measurement of cerebral blood flow by means of inert diffuse tracers. *Keio J. Med.* 1994; 43: 9–14.
15. Landau W.M., Freygang W.H. Jr, Roland L.P., Sokoloff L., Kety S.S. The local circulation of the living brain; values in the unanesthetized and anesthetized cat. In: *Transactions of the American Neurological Association.* 1955–1956. 80th Meeting: 125–9.
16. Veall N., Mallett B.L. The Xe133 inhalation technique for regional cerebral blood flow studies. *Strahlentherapie Sonderb.* 1967; 65: 166–73.
17. Veall N., Mallett B.L. Regional cerebral blood flow determination by 133-Xe inhalation and external recording: the effect of arterial recirculation. *Clin. Science.* 1966; 30: 353–69.
18. Portnow L.H., Vaillancourt D.E., Okun M.S. The history of cerebral PET scanning: from physiology to cutting-edge technology. *Neurology.* 2013; 80: 952–6.
19. Herscovitch P., Markham J., Raichle M.E. Brain blood flow measured with intravenous H_2^{15}O . Theory and error analysis. *J. Nucl. Med.* 1983; 24: 782–9.
20. Vallabhajosula S. *Molecular imaging. Radiopharmaceuticals for PET and SPECT*. NY, USA: Springer.
21. Grüner J.M., Paamand R., Højgaard L., Law I. Brain perfusion CT compared with ^{15}O - H_2O -PET in healthy subjects. *Eur. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2011; 1: 1–28.
22. Leenders K.L. PET: blood flow and oxygen consumption in brain tumors. Review. *J. Neurooncol.* 1994; 22: 269–73.
23. Grüner J.M., Paamand R., Kosteljanetz M., Broholm H., Højgaard L., Law I. Brain perfusion CT compared with ^{15}O - H_2O PET in patients with primary brain tumors. *Eur. J. Nucl. Med. Molec. Imag.* 2012; 39: 1691–701.
24. Covarrubias D.J., Rosen B.R., Lev M.H. Dynamic magnetic resonance perfusion imaging of brain tumors. *Oncologist.* 2004; 9: 528–37.
25. Boxerman J.L., Hamberg L.M., Rosen B.R., Weisskoff R.M. MR contrast due to intravascular magnetic susceptibility perturbations. *Magnetic Reson. Med.* 1995; 34: 555–66.
26. Sugahara T., Korogi Y., Kochi M., Ikushima I., Hirai T., Okuda T.

- et al. Correlation of MR imaging-determined cerebral blood volume maps with histologic and angiographic determination of vascularity of gliomas. *Am. J. Roengenol.* 1998; 171: 1479–86.
27. Sugahara T., Korogi Y., Kochi M., Ushio Y., Takahashi M. Perfusion-sensitive MR imaging of gliomas: comparison between gradient-echo and spin-echo echo-planar imaging techniques. *Am. J. Neuroradiol.* 2001; 22: 1306–15.
 28. Leenders K.L., Beaney R.P., Brooks D.J., Lammertsma A.A., Heather J.D., McKenzie C.G. Dexamethasone treatment of brain tumor patients: effects on regional cerebral blood flow, blood volume, and oxygen utilization. *Neurology.* 1985; 35: 1610–6.
 29. Phelps M.E., Hoffman E.J., Coleman R.E., Welch M.J., Raichle M.E., Weiss E.S. et al. Tomographic images of blood pool and perfusion in brain and heart. *J. Nucl. Med.* 1976; 17: 603–12.
 30. Xiangsong Z., Changhong L., Weian C., Dong Z. PET imaging of cerebral astrocitoma with ^{13}N -ammonia. *J. Neurooncol.* 2006; 78: 145–51.
 31. Xiangsong Z., Weian C. Differentiation of recurrent astrocytoma from radiation necrosis: a pilot study with ^{13}N - NH_3 PET. *J. Neurooncol.* 2007; 82: 305–11.
 32. Pilkington G.J., Lantos P.L. The role of glutamine synthetase in the diagnosis of cerebral tumours. *Neuropathol. Applied Neurobiol.* 1982; 8: 227–36.
 33. Akimoto J., Itoh H., Miwa T., Ikeda K. Immunohistochemical study of glutamine synthetase expression in early glial development. *Brain Research Develop. Brain Research.* 1993; 72: 9–14.
 34. Spaeth N., Wyss M.T., Weber B., Scheidegger S., Lutz A., Verwey J. et al. Uptake of ^{18}F -fluorocholine, ^{18}F -fluoroethyl-L-tyrosine, and ^{18}F -FDG in acute cerebral radiation injury in the rat: implications for separation of radiation necrosis from tumor recurrence. *J. Nucl. Med.* 2004; 45: 1931–8.
 35. Provenzale J.M., Mukundan S., Dewhirst M. The role of blood-brain barrier permeability in brain tumor imaging and therapeutics. *Am. J. Roengenol.* 2005; 185: 763–7.
 36. Pinzón-Daza M.L., Campia I., Kopecka J., Garzón R., Ghigo D., Riganti C. Nanoparticle- and liposome-carried drugs: new strategies for active targeting and drug delivery across blood-brain barrier. *Current Drug Metabolism.* 2013; 14: 625–40.
 37. Laamertsma Brooks D.J., Beaney R.P., Laamertsma A.A., Leenders K.L., Horlock P.L., Kensett M.J. et al. Quantative measurement of blood-brain barrier permeability using rubidium-82 and positron emission tomography. *J. Cerebr. Blood Flow Metabol.* 1984; 4: 535–45.
 38. Yen C-K., Yano Y., Budinger T.F., Friedland R.P., Derenzo S.E., Huesman R.H., O'Brien H.A. Brain tumor evaluation using Rb-82 and positron emission tomography. *J. Nucl. Med.* 1982; 23: 532–7.
 39. Lammertsma A.A., Brooks D.J., Frackowiak R.S.J., Heather J.D., Jones T. A method to quantitate the fractional extraction of rubidium 82 across the blood-brain barrier using positron emission tomography. *J. Cerebr. Blood Flow Metabol.* 1984; 4: 523–34.
 40. Studer R.K., Welch D.M., Siegel B.A. Transient alteration of the blood-brain barrier: effect of hypertonic solutions administered via carotid artery injection. *Exp. Neurol.* 1974; 44: 266–73.
 41. Thompson A.M. Hyperosmotic effects on brain uptake of non-electrolytes. In: Crone C., Lassen N.A. (eds). *Capillary Permeability.* Copenhagen: Munksgaard; 1969: 459–68.
 42. Granov A.M., Tyutin L.A., Kostenikov N.A., Ryzhkova D.V., Zhuykov B.L., Mostova M.I. et al. First experience of $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ generator using in oncology practice. *Luchevaya diagnostika i terapiya.* 2012; 4: 31–9 (in Russian).

Поступила 10.02.2014

Российский научный центр рентгенорадиологии: вчера, сегодня, завтра (нам – 90)

В.А. Солодкий, д. м. н., профессор, чл.-корр. РАН, заслуженный врач РФ, директор;

З.С. Цаллагова, д. м. н., профессор, ученый секретарь;

Н.В. Нуднов, д. м. н., профессор, заместитель директора по научной работе

ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Министерства здравоохранения РФ,
ул. Профсоюзная, 86, Москва, 117997, Российская Федерация

The Russian X-Radiology Research Center: yesterday, today and tomorrow (90 to us)

V.A. Solodkiy, MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of Russian Academy
of Sciences, Honored Doctor of RF, Director;

Z.S. Tsallagova, MD, PhD, DSc, Professor, Scientific Secretary;

N.V. Nudnov, MD, PhD, DSc, Professor, Deputy Director for Science

Russian X-Radiology Research Center, Ministry of Health of the RF,
ul. Profsoyuznaya, 86, Moscow, 117997, Russian Federation

В статье приводятся исторические сведения о возникновении и становлении Российского научного центра рентгенорадиологии, а также представлены достижения, которые явились основополагающими для дальнейшей клинической, научной и образовательной деятельности Центра.

Подробно описаны последние достижения Центра, в том числе каждого его подразделения, в области диагностики (включая лучевые методы, клинические и молекулярно-генные) и комбинированного лечения онкологических больных (хирургические операции, полихимиотерапия и лучевая терапия).

Кроме того, отражены последние научные изыскания сотрудников Центра, которые воплотились в диссертационных работах, монографиях, руководствах.

Немаловажное значение имеет образовательный процесс, сотрудники Центра успешно готовят специалистов разного профиля.

История Российского научного центра рентгенорадиологии началась в 1924 г. с Постановления Совета народных комиссаров (протокол № 22) от 10 января. А 24 мая 1924 г. он был включен в титульный список институтов Наркомздрава как Рентгеновский институт (впоследствии переименован в Московский научно-исследовательский институт рентгено-радиологии, а затем Московский научно-исследовательский институт диагностики и хирургии).

Большую помощь в его организации оказал первый нарком здравоохранения Н.А. Семашко.

В старинном трехэтажном здании на ул. Солянка, принад-

лежащем ранее купцам Расторгуевым, восстановленном практически полностью силами и средствами самих сотрудников, и началась жизнь нового уникального медико-технического Института. Это событие стало точкой отсчета для развития отечественной рентгенорадиологии.

Увеличивающийся с годами диапазон медико-технических возможностей расширил рамки деятельности Института, и возникла необходимость изменения его статуса. В 1998 г. приказом Минздрава РФ Институт был переименован в Российский научный центр рентгенорадиологии.

The paper gives historical information on the foundation and establishment of the Russian X-Radiology Research Center, as well as the advances that have been fundamental in the further clinical, scientific, and educational activities of the center.

It details information of the recent advances of the center in diagnosis, including radiation, clinical and molecular gene, and combined treatments for cancer patients, including surgery, polychemotherapy, and radiotherapy. The achievements of each subdivisions of the Center are given.

The paper shows the latest advances of the Center and its workers in researches, which have been embodied in their dissertations, monographs, and guides.

Of great importance is the educational process the Center's workers are successfully doing in, by training specialists of different profile.

Заслуги учреждения в развитии здравоохранения, медицинской науки и подготовки кадров отмечены орденом Трудового Красного Знамени.

В разные годы его директорами становились крупные ученые – П.П. Лазарев, Е.М. Гамбургер, Г.И. Хармондарьян, М.И. Сантоцкий, В.С. Матов, С.А. Рейнберг,

Ключевые слова:

лучевая диагностика,
рентгенорадиология,
организация здравоохранения

Index terms:

radiodiagnosis,
X-ray radiology,
organization of public health

П.Д. Яльцев, И.Г. Лагунова, И.А. Переслегин, А.С. Павлов, В.П. Харченко, внесшие значительный вклад в становление и развитие отечественной медицинской науки. В настоящее время РНЦРР Минздрава РФ руководит чл.-корр. РАН, профессор, заслуженный врач РФ Владимир Алексеевич Солодкий.

В начале 20-х гг. XX в., когда кончилась гражданская война и надо было наряду с восстановлением народного хозяйства поднимать здравоохранение, проблема создания технической базы рентгенологии стояла особенно остро. В то время в практическом здравоохранении на всю страну было лишь 160 рентгенодиагностических установок, которые работали на импортной, закупаемой на золото аппаратуре. Не было заводов по производству рентгеновских аппаратов и радиологического оборудования. Не было и технических специалистов, научных кадров, отсутствовали теоретические основы медицинской рентгенотехники.

Уже в первое десятилетие своего существования Институт разрабатывает 55 новых конструкций и приспособлений, выпускает 109 рентгеновских аппаратов, в основном из отечественных деталей. Подготовлено 102 рентгенотехника по ремонту и монтажу оборудования.

Изначально Институт состоял из двух отделов – рентгенотехнического и медицинского. Однако фундаментальное изучение радиобиологии и лучевой патоморфоза требовало стационарного наблюдения за больными и условий для проведения хирургических вмешательств. Поэтому в 1929 г. в Институте открылось клиническое отделение на 25 коек, затем оно было увеличено до 60 коек. Это сразу оживило научно-исследовательскую работу.

В конце 1930-х гг. Институт стал приглашать для проведения операций выдающихся хирургов, для которых были созданы хорошо оборудованные операцион-

ные. В становлении хирургической клиники принимали участие такие выдающиеся ученые, как А.Н. Бакулев, Н.Н. Бурденко, А.А. Вишневский, А.Н. Гагман, В.А. Головиниц, Е.С. Лушников, Б.В. Петровский, А.Н. Рыжих, П.В. Скалдин, И.Л. Фаерман, В.П. Харченко.

С историей развития рентгенодиагностики в Институте связана деятельность почти всех ведущих рентгенологов страны, среди них Г.И. Хармандарьян, М.И. Сантоцкий, В.Г. Гинзбург, Л.Л. Гольст, В.В. Зодиев, Е.М. Каган, И.Д. Кузнецов, Б.Я. Лукьянченко, С.А. Рейнберг, Л.С. Розенштраух, Ю.Н. Соколов, Б.А. Цыбульский, И.А. Шехтер, И.Г. Лагунова, И.Л. Тагер, В.А. Дьяченко, Н.А. Рабухина, С.Л. Мarmorштейн, Т.Ф. Ростовцева, П.В. Власов, З.П. Попова, С.И. Финкельштейн, Л.А. Гуревич, Ф.А. Астраханцев, Э.В. Кривенко.

Особенностью последних десятилетий явилась реорганизация ключевых отраслей медицины, что нашло отражение в развитии новых тенденций в лучевой диагностике и лучевой терапии, изменивших представление о средствах интраскопии.

За последние пять лет полностью реорганизовано отделение лучевых методов исследования. Переход с аналоговых аппаратов на цифровые показал явные преимущества последних, – это улучшение качества изображения, 3-кратное увеличение пропускной способности и сокращение стоимости исследования.

Дигитализация, компьютеризация изображений, их трех-, четырехмерная реконструкция, гибридные технологии, системы обработки, хранения и передачи медицинских данных и изображений на мониторы любых подразделений Центра в корне изменили научную и организационную структуру службы лучевой диагностики.

В Центре разработана и продолжает развиваться система скрининга и дообследования при заболеваниях молочной железы.

Эта система обеспечивает выявление самых ранних форм заболеваний и своевременное органосохраняющее лечение. Особенностью ее является использование высокоэффективных ресурсосберегающих технологий цифровой лучевой диагностики, интервенционной радиологии, молекулярно-генетических и цитокинетических исследований.

Получило новое развитие самостоятельное направление – интервенционная радиология, которая дает возможность осуществлять малоинвазивные, экономически обоснованные диагностические и лечебные хирургические вмешательства под контролем лучевых методов, что стало альтернативой объемным хирургическим вмешательствам по многим направлениям (эмболизационные вмешательства, эндопротезирование и стентирование желчевыводящих и мочевыводящих путей, радиочастотная абляция и др.).

Вопросы лучевой терапии занимают большое место в работе Института с момента его создания. В анналах радиационной онкологии остались имена многих выдающихся специалистов, среди них А.В. Козлова, М.Н. Побединский, Е.П. Иваницкая, Л.Д. Подляшук, И.А. Переслегин, Р.С. Мильштейн, А.И. Рудерман, А.С. Павлов, Ю.Х. Саркисян, Е.М. Филькова, О.А. Замятин, И.И. Корнев, В.А. Титова, Г.А. Панышин, О.И. Щербенко, В.М. Сотников.

На сегодняшний день серьезные изменения претерпела радиотерапия. В первую очередь, это обстоятельство связано с модернизацией парка радиотерапевтической аппаратуры в нашем Центре, – сейчас он оснащен четырьмя современными линейными ускорителями, в том числе высокоэнергетическим многопрофильным линейным ускорителем последнего поколения Трюбим, тремя брахитерапевтическими установками, двумя гамма-терапевтическими аппаратами, рентгенотерапевтическими

аппаратами для близко- и дальне-дистанционной радиотерапии.

В течение 40 лет в Центре изучается роль лучевой терапии в лечении злокачественных лимфом. Начиная с 1980 г. в сотрудничестве с гематологическими клиниками Московского региона были достигнуты существенные успехи – 10-летняя выживаемость больных после химиолучевого лечения увеличилась в 3 раза, достигнув 76%.

Заметного прогресса удалось добиться и в лучевой терапии неоперабельного немелкоклеточного рака легкого. Анализ результатов многолетних исследований по сравнению эффективности среднего (3 Гр) и классического (2 Гр) фракционирования выявил статистически значимое увеличение выживаемости больных первой группы, что открывает хорошие перспективы внедрения этой методики в практическое здравоохранение РФ.

Расширены клинические показания к локальной лазерной гипертермией в сочетании с внутривенной гамма-терапией HDR при раке шейки матки, анального канала, а также к региональной онкотермии.

В Центре активно ведутся разработки современных методов лучевой терапии опухолей головного и спинного мозга у детей, ежегодно лечение по поводу таких заболеваний получают около 250 детей.

Активно и целенаправленно развивается в нашем Центре ядерная медицина.

Внедрение передовых форм организации оказания медицинской помощи позволило проводить лечение 1500 пациентов в год, или каждому третьему больному данного профиля в России.

В нашем Центре впервые в России при раке щитовидной железы применены в повседневной практике методики персонализированной радионуклидной терапии, основанной на комплексном использовании молекулярно-генетических и гибридных

диагностических технологий. Кроме того, внедрена технология таргетной радионуклидной терапии I^{131} метайодбензилгуанидином распространенной нейробластомы у детей, что позволило с 2014 г. осуществлять у них полный цикл лечения нейроэндокринных опухолей по международным протоколам.

В истории Центра есть и особая страница, связанная с ликвидацией медицинских последствий аварии на ЧАЭС и проведением контроля за состоянием здоровья ликвидаторов. Активное участие в этой работе приняли Г.А. Зубовский, Л.Н. Нефатенко, Р.В. Ставицкий, Ю.Н. Смирнов, В.И. Трушин, О.И. Щербенко, Т.А. Куликова, В.К. Зотов и др.

Для осуществления научно-практической работы в этом направлении впервые были созданы отдел радиационной медицины, отделение цитогенетических исследований, Российский межведомственный экспертный совет по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС и в иных ситуациях, связанных с радиационными авариями и их последствиями на объектах атомной энергетики. В настоящее время Совет представляет собой организационно-методический и консультативный центр по экспертной оценке, его наработки методически внедрены в различных регионах Российской Федерации.

Большое место в работе Центра занимает хирургическая служба.

С 1976 г., в течение более 30 лет хирургическую клинику возглавлял академик РАН В.П. Харченко. В этот период были достигнуты значительные успехи в реконструктивной хирургии трахеи и бронхов при их опухолевых и неопухолевых заболеваниях, что позволило расширить возможности радикального лечения этой тяжелой категории больных. Параллельно изучались комбинированные методы лечения больных раком молоч-

ной и поджелудочной железы, ободочной и прямой кишки, опухолей средостения.

В последние годы получили развитие новые направления научно-исследовательской и клинической работы: хирургия печени и желчных протоков, малоинвазивные хирургические вмешательства с применением лапароскопической и торакоскопической техники при операциях на печени, ободочной и прямой кишке, желудке, легких и органах средостения.

Внедрение в клиническую практику современных сшивающих аппаратов и ультразвуковых инструментов позволило намного сократить продолжительность операций и уменьшить частоту интра- и послеоперационных осложнений.

Помимо традиционной хирургии получило развитие комплексное и комбинированное лечение онкоурологических больных, как детей, так и взрослых (с опухолевыми заболеваниями органов мочеполевой системы, опухолями малого таза, уrogenитальной области), включая лапароскопические и эндоскопические хирургические вмешательства, этапы хирургической реабилитации и реконструктивно-восстановительного лечения.

Служба ударно-волновой литотрипсии оказывает специализированную помощь пациентам с мочекаменной болезнью, включая проведение дистанционных, контактных и перкутанных оперативных вмешательств.

Широкое применение в онкоурологии нашла фотодинамическая терапия.

РНЦРР является пионером в лечении рака предстательной железы методами внутритканевой лучевой терапии, такими как низкоэнергетическая (I^{125}) и высокоэнергетическая (Jn^{192}) брахитерапия. К настоящему времени накоплен большой опыт в данном направлении.

В 2010 г. в структуру Центра введено отделение детской урологии-андрологии. За 4 года

в рамках оказания высокотехнологичной медицинской помощи пролечено более 500 детей, включая больных первых месяцев жизни. Оперативная активность составляет от 85 до 92%.

Наличие «взрослой» и «детской» урологических служб в структуре Центра позволяет соблюдать принципы преемственности ведения пациентов со сложными заболеваниями органов мочеполовой системы.

Гинекологическая служба, созданная в Центре в 1986 г., на протяжении двух десятилетий занималась проблемами скрининга и ранней диагностики рака репродуктивных органов, изучением онкологических аспектов постменопаузы у женщин, этиопатогенетических механизмов sporадического рака женских репродуктивных органов, разработкой принципов лечения местно-распространенного гинекологического рака.

В настоящее время обозначены наиболее важные компоненты, характеризующие ранние этапы канцерогенеза, что в целом существенно изменило стратегию терапии гинекологического рака, в частности одного из самых тяжелых заболеваний в онкологии – рака яичников. Это позволило увеличить 5-летнюю выживаемость таких больных с 33–40 до 72%.

На сегодняшний день одним из важнейших направлений научно-практической деятельности, прежде всего в онкологии, является поиск и оценка клинической значимости молекулярно-генетических маркеров для ранней диагностики, мониторинга и прогноза заболеваний, а также для выбора оптимальной противоопухолевой терапии. В нашем Центре проводится исследование молекулярного «портрета» опухолей на основе анализа профилей экспрессии генов и разработки моделей прогноза для таких видов патологии, как рак молочной железы, колоректальный рак, рак шейки матки.

Активно развиваются современные клеточные технологии.

Одним из таких направлений является разработка метода терапии ракового эмбрионального антигена (РЭА) позитивных опухолей на основе аутологических генно-модифицированных лимфоцитов. В лаборатории клеточных технологий Центра были созданы генетические конструкции химерных генов Т-клеточных рецепторов, специфичных к РЭА.

Помимо научно-клинической работы большое внимание в Центре уделяется подготовке молодых специалистов. Ежегодно более 30 аспирантов, ординаторов и соискателей осваивают азы специальности и делают первые шаги в науке.

РНЦРР – база кафедры онкологии с курсом рентгенологии и кафедры общей стоматологии Российского университета дружбы народов.

Прошедшие годы характеризовались большой и плодотворной работой, научными поисками и достижениями всего коллектива Центра. Ряд выдающихся научных разработок удостоен государственных премий и премий Совета министров, мэрии Москвы, Золотых медалей за международный вклад в развитие медицины.

На сегодняшний день среди сотрудников Центра 31 доктор и 86 кандидатов наук, 18 профессоров, 1 действительный член РАН и три члена-корреспондента РАН. Здесь работают 14 заслуженных врачей Российской Федерации, 6 заслуженных работников и 43 отличника здравоохранения. Многие сотрудники имеют правительственные и отраслевые ордена и медали.

За 90 лет работы Центра его сотрудники защитили 473 кандидатских и 121 докторскую диссертации, опубликовали 255 монографий и руководств, более 11 300 статей в центральных медицинских журналах, получили 350 авторских свидетельств и 55 патентов на изобретения.

Ведущие ученые Центра выполняют большую обществен-

ную работу, участвуя в деятельности различных ассоциаций, обществ, редколлегий отечественных и зарубежных журналов.

В 2003 г. был создан электронный журнал «Вестник Российского научного центра рентгено-радиологии», который относится к журналам, рекомендованным ВАК. Ежегодно в нем публикуется до 50 статей.

Используя накопленный опыт, РНЦРР продолжает решать серьезные проблемы как фундаментального, так и прикладного характера в области онкологии, рентгено-радиологии, молекулярной биологии, генной терапии и ставит перед собой новые сложные задачи.

Сменились поколения ученых, которые способствовали становлению и развитию отечественной рентгено-радиологии и онкологии. Достижения прошлых лет и сложившиеся традиции Центра сегодня успешно продолжает и развивает крепкий научно-исследовательский коллектив (В.Д. Чиквадзе, А.Ю. Павлов, Н.В. Нуднов, Г.А. Паньшин, П.М. Котляров, П.Л. Жарков, Г.Г. Ахаладзе, З.С. Цаллагова, Л.А. Ашрафян, В.А. Титова, Н.Ю. Добровольская, О.И. Щербенко, В.М. Сотников, В.К. Боженко, И.Б. Антонова, Н.А. Бабаева, Е.В. Меских, Ф.Ф. Антоненко, О.Г. Желудкова, Н.В. Черниченко, Г.П. Снигирева, Д.К. Фомин, Ю.М. Крейнина, Р.А. Пархоменко, Э.М. Абрамова, А.А. Гварисвили, Н.А. Елтышев, Н.В. Минх, Н.И. Зелинская, И.М. Фролов, Ю.Г. Рюдигер и др.), который в свою очередь передает эстафету новому поколению специалистов.

В заключение хочется подчеркнуть: наш Центр имеет замечательную историю, в основе его работы лежат высокая нравственность и глубокие научные традиции. И на базе этого фундамента идет дальнейшее развитие. Задачей РНЦРР и будущих поколений специалистов является совершенствование дела, которому мы все служим.



КОНГРЕСС РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ РАДИОЛОГОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТОРАКАЛЬНАЯ РАДИОЛОГИЯ»

6-8 ноября 2014 г., Москва, «Radisson Slavyanskaya»

www.russian-radiology.ru

www.congress-ph.ru

**ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ
КОНГРЕССА РОССИЙСКОЙ АССОЦИАЦИИ РАДИОЛОГОВ
6–8 НОЯБРЯ 2014 Г.,
МОСКВА**

В соответствии с Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации № 504 от 12.09.2014 г. в период с 6 по 8 ноября 2014 г. в Москве состоялся Конгресс Российской ассоциации радиологов.

Местом проведения Конгресса был выбран Конгресс-центр отеля «Рэдиссон Славянская».

В предконгрессную программу 5 ноября 2014 г. было включено заседание профильной комиссии по лучевой диагностике МЗ РФ, на котором рассмотрены вопросы организации лучевых исследований, телемедицины и телерадиологии.

В рамках Конгресса состоялись научно-практические конференции «Торакальная радиология» и «Лучевая диагностика в онкологии», Съезд ядерной медицины.

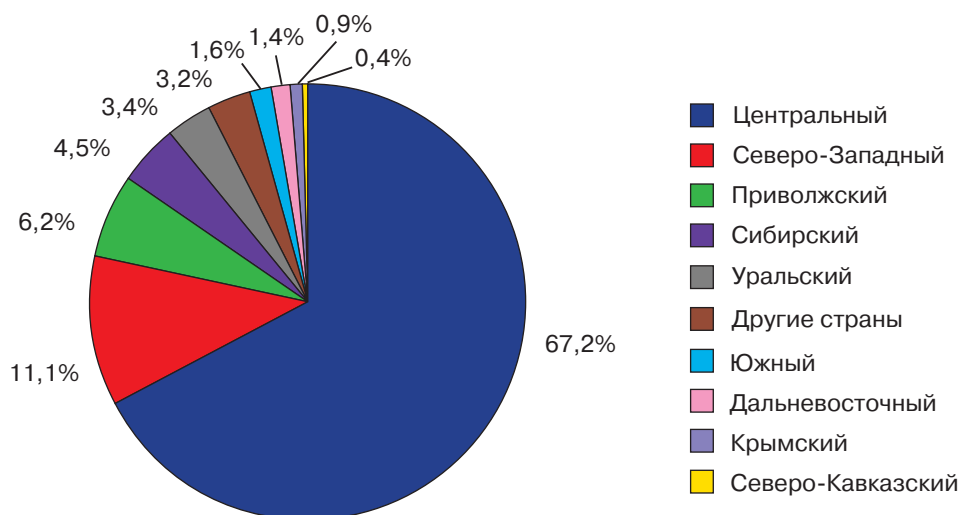
6 ноября 2014 г. в конференц-зале проведено Пленарное заседание, которое было посвящено 90-летию Российского научного центра рентгенорадиологии. 7 ноября это заседание было продолжено на базе РНЦР (ул. Профсоюзная, д. 86).

В рамках программы Конгресса состоялось 37 секционных заседаний, на которых было заслушано более 300 докладов. В рамках девяти Школ для врачей различных специальностей было прочитано 40 лекций.

Приоритетное внимание было уделено инновационным, междисциплинарным подходам к решению проблем клинической медицины, комплексному использованию современных технологий медицинской визуализации.

В том числе были рассмотрены вопросы:

- Организация медицинской помощи населению по профилям «рентгенология», «радиология», «ультразвуковая диагностика».
- Современные технологии медицинской визуализации в реализации программ модернизации здравоохранения (сердечно-сосудистые заболевания, неврология, травматология и ортопедия, онкология, фтизиатрия и пульмонология, перинатология).
- Развитие современных методов медицинской визуализации заболеваний и повреждений у взрослых и детей, интеграция и комплексное использование диагностических методов.
- Новые технологии рентгенохирургических методов диагностики и лечения.
- Инновационные технологии лучевой терапии в клинической практике.
- Перспективы развития новых технологий диагностики и лечения в ядерной медицине.
- Фундаментальные основы медицинской визуализации: радиобиология, радиохимия, медицинская физика, радиационная гигиена.
- Техническое и технологическое обеспечение медицинской визуализации, цифровая радиология, телемедицина, современные информационные технологии.
- Развитие последипломного образования специалистов в области лучевой диагностики в свете реформы образования в Российской Федерации, разработка и внедрение системы непрерывного медицинского образования специалистов по лучевой диагностике.
- Статистические показатели и организационные вопросы деятельности отделений (кабинетов) лучевой диагностики.
- Совершенствование организации службы лучевой диагностики в Российской Федерации.
- Развитие и реформирование Российской ассоциации радиологов.



Международное участие было обеспечено научными симпозиумами «Россия приветствует Сербию» и «Россия встречает Европейскую ассоциацию радиологов (ESR)». Эти заседания сопровождались синхронным переводом.

Формат круглых столов, симпозиумов и мастер-классов был реализован при участии компаний «Дженерал Электрик», «Бракко», «Сименс», «Байер», «Маленкродт».

Состоялся конкурс молодых ученых, по результатам которого наши молодые коллеги И.С. Костина (Санкт-Петербург), С.П. Аксенова (Москва), А.С. Тоноян (Москва) были признаны лучшими и награждены поездками на европейский конгресс в Вене в 2015 г. Остальные участники получили памятные призы.

На площадке Конгресса прошла тематическая выставка современных образцов медицинской техники и лекарственных препаратов ведущих отечественных и зарубежных фирм. Участники выставки получили памятные дипломы.

Каждый аккредитованный участник Конгресса получил пакет информационных материалов (программа и каталог участников выставки, расписание, журнал «Вестник рентгенологии и радиологии» с приложением в виде диска, на котором были размещены тезисы участников Конгресса, бейдж) и сертификат.

Общая численность участников Конгресса составила 1170 человек. Были представлены следующие страны: Россия, Беларусь, Украина, Казахстан, Армения, Азербайджан, Израиль, Великобритания, Италия, Сербия, Латвия, Эстония, Чехия, Канада, Германия, Австрия, США.

Распределение аудитории Конгресса по федеральным округам Российской Федерации представлено на диаграмме.

Состоявшийся в этом году Конгресс Российской ассоциации радиологов продемонстрировал большую заинтересованность профессиональной аудитории в ежегодном мероприятии такого масштаба. Получение новых знаний, оптимальные условия для обмена опытом, развитие деловых контактов, возможность встреч с ведущими специалистами в области радиологии – это, по мнению участников, те причины, по которым современные специалисты участвуют в нашем Конгрессе.

В ходе заседания Правления Российской ассоциации радиологов было принято решение о проведении очередного Конгресса 5–7 ноября 2015 г.



Технический комитет
МОО «Человек и его здоровье»

(812) 380 3155; 380 3156
ph@peterlink.ru

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Указом Президента Российской Федерации № 680 от 25 октября 2014 г. академику Российской академии наук, руководителю отдела томографии ФГБУ РКНПК МЗ РФ, заведующему кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

ТЕРНОВОМУ

Сергею Константиновичу

присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Редакция журнала «Вестник рентгенологии и радиологии» от имени авторов и читателей присоединяется к многочисленным поздравлениям и желает Сергею Константиновичу дальнейших научных достижений на благо нашей медицины.



Информация для авторов

Общие сведения

Рукописи от авторов принимаются по электронной почте, e-mail: vestnik-rentg-articl@mail.ru; переписка редакции с авторами осуществляется по e-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Главный редактор журнала – профессор, д.м.н. Савченко Анатолий Петрович,

E-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Зав. редакцией – д.м.н. Черкавская Ольга Владимировна, тел. (916) 547-50-96,

E-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Ответственный секретарь – к.м.н. Коробкова Ирина Захаровна, тел. (495) 414-62-94,

E-mail: vestnik-rentg@mail.ru

Научная направленность. В журнале «Вестник рентгенологии и радиологии» публикуются статьи, освещающие широкий спектр вопросов лучевой диагностики (рентгенологии, УЗИ, КТ, МРТ, радионуклидных исследований), современных лучевых и эндоваскулярных методов лечения в различных областях медицины, лучевой терапии. Публикуются как статьи, посвященные оригинальным научным исследованиям, так и обзоры литературы, клинические случаи, материалы в помощь практикующему врачу, рецензии на опубликованные монографии, руководства, учебники; периодически освещается работа конгрессов, съездов и научных обществ.

Требования к рукописям

Принимая рукопись к рассмотрению, редакция предполагает, что работа не была ранее напечатана или одновременно направлена в какие-либо другие печатные издания. Рукописи принимаются на русском и английском языке.

Статьи публикуются бесплатно.

Редакция оставляет за собой право размещения статей в электронной библиотеке e-library.ru безвозмездно.

Редакционная этика. Статья должна иметь визу руководителя и сопровождаться официальным направлением от учреждения, из которого выходит статья (с круглой печатью), в необходимых случаях – экспертным заключением. Статья должна быть подписана всеми авторами, что дает право на ее публикацию и размещение на сайте издательства.

Все статьи проходят процедуру научного рецензирования.

Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать принятые работы. Датой поступления статьи считается время поступления окончательного (переработанного) варианта статьи.

Статья присылается в редакцию по электронной почте (vestnik-rentg-articl@mail.ru) с отсканированными сопроводительными документами и подписями авторов.

Статья должна быть напечатана шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14, с интервалом между строками 1.5, все поля, кроме левого, шириной 2 см, левое поле 3 см. Все страницы должны быть пронумерованы.

Объем статей: оригинальные, обзоры, лекции – не более 15 с (без учета литературы и резюме), заметки из практики, клинические случаи – не более 8 с (без учета литературы, рисунков, таблиц и резюме), рецензии и информационные сообщения – не более 3 с.

Титульный лист должен содержать: 1) название статьи, 2) фамилию и инициалы автора(ов), с указанием ученой степени, звания и должности, 3) полное наименование учреждения, в котором работает(ют) автор(ы), в именительном падеже с обязательным указанием статуса организации (аббревиатура перед названием) и ведомственной принадлежности, 4) полный почтовый адрес учреждения, включая индекс. Пример: ФГБУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. 3-я Черепковская, 15а, 121552, Москва, Российская Федерация. Если авторов несколько, у каждой фамилии и соответствующего учреждения проставляется **цифровой индекс**. Если все авторы статьи работают в одном учреждении, указывать место работы каждого автора отдельно не нужно. Данный блок информации должен быть представлен на русском и английском языках.

На **отдельной странице** указываются **дополнительные сведения** о **каждом** авторе, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования: **Ф.И.О. полностью**

на русском языке и в транслитерации по системе BGN (Board of Geographic Names) (см. сайт <http://www.translit.ru>), а также **e-mail** для контактов с авторами статьи.

Структура оригинальной статьи должна быть следующей: резюме и ключевые слова (на русском языке), затем следует текст статьи, в котором должны быть представлены разделы: введение, материал и методы, результаты и обсуждение, выводы (по пунктам) или заключение, список цитируемой литературы. Рисунки, подписи к рисункам и список цитируемой литературы должны быть представлены отдельными файлами. Рисунки могут быть черно-белыми или цветными, графики, диаграммы, таблицы – только черно-белыми. Допустимо применение общепринятых сокращений, а также авторских аббревиатур. Все вводимые автором буквенные обозначения и аббревиатуры должны быть расшифрованы в тексте при их первом упоминании. Дозы лекарственных средств, единицы измерения и другие численные величины должны быть указаны в системе СИ.

Авторские резюме (аннотации)

Авторское резюме к статье является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал. В резюме отражается цель работы, перечисляются применявшиеся авторами методы, приводятся краткие и только существенные сведения о материале и основные результаты. По тексту аннотации (резюме) читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации. Резюме должно быть структурированным, то есть *цель, материал и методы, результаты* исследования и *выводы* выделяются шрифтом и печатаются с новой строки. На той же странице приводятся **ключевые слова** (не более шести), то есть термины, отражающие основное содержание работы и облегчающие классификацию работы в компьютерных поисковых системах. Объем текста авторского резюме должен быть в пределах 100–250 слов.

Требования к рисункам

Иллюстрации должны быть выполнены в электронном виде в редакторе *Adobe Photoshop* с расширением *tiff* или *jpeg* (или в любой другой программе, поддерживающей эти форматы, например *Adobe Illustrator* и т.п.); обязательно наличие распечатки, причем каждая иллюстрация должна быть распечатана на отдельном листе. Текст и обозначения на иллюстрациях должны быть четкими и полностью соответствовать подписи к рисунку. **Подписи к рисункам** даются на отдельном листе. В подписях к графикам указываются обозначения по осям абсцисс и ординат и единицы измерения, приводятся пояснения по каждой кривой. В подписях к микрофотографиям указываются метод окраски и увеличение.

Оформление таблиц

Все цифры в таблицах должны соответствовать цифрам в тексте и обязательно должны быть обработаны статистически. Таблицы можно давать в тексте, не вынося на отдельные страницы.

Список литературы

Библиографические списки составляются с учетом «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы» Международного комитета редакторов медицинских журналов (Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals). Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее авторов и организаций, в которых они работают.

В оригинальных статьях допускается цитирование не более 25 источников, в обзорах литературы – не более 50, в лекциях и других материалах – до 15. Библиография должна содержать помимо основополагающих работ, публикации за последние 5 лет.

В списке литературы все работы перечисляются в порядке их цитирования. Библиографические ссылки в тексте статьи даются цифрой в квадратных скобках.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Библиографическое описание книги: автор(ы), название, город (где издана), после двоеточия – название издательства, после точки с запятой – год издания. Если ссылка дается на главу книги: автор(ы), название главы, после точки ставится «В кн.:» или "In:" и фамилия(и) автора(ов) или редактора(ов), затем название книги и выходные данные. Если в качестве авторов книг выступают редакторы, после фамилии следует ставить «ред.», в иностранных источниках – «ed.».

Примеры:

Медик В.А. Заболеваемость населения: история, современное состояние и методология изучения. М.: Медицина; 2003.

Воробьев А.И. (ред.). Руководство по гематологии. 3-е изд. т. 3. М.: Ньюдиамед; 2005.

Иванова А.Е. Тенденции и причины смерти населения России. В кн.: Осипов В.Г., Рыбаковский Л.Л. (ред.). Демографическое развитие России в XXI веке. М.: Экон-Информ; 2009: 110–31.

Silver R.M., Peltier M.R., Branch D.W. The immunology of pregnancy. In: Creasey R.K., Resnik R. (eds). Maternal-fetal medicine: Principles and practices. 5th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2004: 89–109.

Библиографическое описание статьи из журнала: автор(ы), название статьи, название журнала, год, том, в скобках номер журнала, после двоеточия – цифры первой и последней цитируемых страниц.

При авторском коллективе до 6 человек включительно упоминаются все, при больших авторских коллективах – 6 первых авторов «и др.», в иностранных источниках – «et al.».

Примеры:

Веркина Л.М., Телесманич Н.Р., Мишин Д.В., Ботиков А.Г., Ломов Ю.М., Дерябин П.Г. и др. Конструирование полимерного препарата для серологической диагностики гепатита С. *Вопросы вирусологии*. 2012; 1: 45–8.

Чучалин А.Г. Грипп: уроки пандемии (клинические аспекты). *Пульмонология*. 2010; Прил. 1: 3–8.

Glauser T.A. Integrating clinical trial data into clinical practice. *Neurology*. 2002; 58 (12, Suppl. 7): 6–12.

Aiuti A., Cattaneo F., Galimberti S., Benninghoff U., Cassani B., Callegaro L. et al. Gene therapy for immunodeficiency due to adenosine deaminase deficiency. *N. Engl. J. Med.* 2009; 360 (5): 447–58.

Материалы научных конференций, авторефераты

Примеры:

Актуальные вопросы гематологии и трансфузиологии: Материалы научно-практической конференции. 8 июля 2009 г. Санкт-Петербург. СПб.; 2009.

Салов И.А., Маринушкин Д.Н. Акушерская тактика при внутриутробной гибели плода. В кн.: Материалы IV Российского форума «Мать и дитя». М.; 2000; ч. 1: 516–9.

European meeting on hypertension. Milan, June 15–19, 2007. Milan; 2007.

Harnden P., Joffe J.K., Jones W.G. (eds). Germ cell tumours V: Proceedings of the 5th Germ cell tumour conference. 2001, Sept. 13–15; Leeds; UK. New York: Springer; 2001.

Мельникова Н.В. Клинико-биохимические и морфологические изменения печени у больных с атерогенной дислипидемией: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2008.

Электронные источники

Примеры:

Государственный доклад «О состоянии здоровья населения Республики Коми в 2009 году». Available at: <http://www.minzdrav.rkomi.ru/left/doc/docminzdr>

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am. J. Nurs.* 2002; 102 (6). Available at: <http://www.psvedu.ru/journal/2011/4/2560.phtml>

По новым правилам, учитывающим требования таких международных систем цитирования, как Web of Science и Scopus, библиографические списки (References) входят в англоязычный блок статьи и, соответственно, должны даваться не только на языке оригинала, но и в латинице (романским алфавитом). Поэтому авторы статей должны давать список литературы в двух вариантах: один на языке оригинала (русскоязычные источники кириллицей, англоязычные латиницей), как было принято ранее, и **отдельным блоком тот же список литературы (References) в романском алфавите** для Scopus и других международных баз данных, **повторяя в нем все источники литературы, независимо от того, имеются ли среди них иностранные.** Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите.

В романском алфавите для русскоязычных источников требуется следующая структура библиографической ссылки: автор(ы) (транслитерация), перевод названия книги или статьи на английский язык, название источника (транслитерация), выходные данные в цифровом формате, указание на язык статьи в скобках (in Russian).

Технология подготовки ссылок с использованием системы автоматической транслитерации и переводчика.

На сайте <http://www.translit.ru> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу. Программа очень простая.

1. Входим в программу Translit.ru. В окошке «варианты» выбираем систему транслитерации **BGN (Board of Geographic Names)**. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии, кроме названия книги или статьи, на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит».

2. Копируем транслитерированный текст в готовящийся список References.

3. Переводим с помощью переводчика Google все описание источника, кроме авторов (название книги, статьи, постановления и т.д.) на английский язык, переносим его в готовящийся список. Перевод, безусловно, требует редактирования, поэтому данную часть необходимо готовить человеку, понимающему английский язык.

4. Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. При этом необходимо раскрыть место издания (Moscow) и, возможно, внести небольшие технические поправки.

5. В конце ссылки в круглых скобках указывается (in Russian). Ссылка готова.

Примеры транслитерации русскоязычных источников литературы для англоязычного блока статьи

Описание статьи из журнала:

Belushkina N.N., Khomyakova T.N., Khomyakov Yu.N. Diseases associated with dysregulation of programmed cell death. *Molekulyarnaya meditsina*. 2012; 2: 3 – 10 (in Russian).

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Technical and economic optimization of hydrofracturing design. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2008; 11: 54–7 (in Russian).

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 1999, 5 (2). Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание книги (монографии, сборника):

Kanevskaya R.D. Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development. Izhevsk; 2002 (in Russian).

Описание материалов конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. In: New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact: Proc. 6th Int. Symp. Moscow, 2007; 267–72 (in Russian).

Описание Интернет-ресурса:

APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2011).

Описание автореферата диссертации:

Semenov V.I. Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss. Moscow; 2003 (in Russian).

Grigoryev Iu.A. Development of scientific bases of architectural design of distributed data processing systems. Dr. tech. sci. diss. Moscow: Bauman MSTU Publ.; 1996 (in Russian).

Описание ГОСТа:

State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow: Standartinform Publ., 2007.

Описание патента:

Palkin M.V. et al. The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head. Patent RF, N 2280590; 2006 (in Russian).

Автор несет ответственность за правильность библиографических данных.

Внимание! Автор гарантирует, что он обладает исключительными авторскими правами на передаваемую Издательству статью и несет полную материальную и юридическую ответственность за достоверность содержания статьи.

Рукописи, не отвечающие приведенным выше требованиям, с множеством стилистических погрешностей, грамматических и синтаксических ошибок, не публикуются и авторам не возвращаются.

Статьи принимаются к печати при условии предъявления авторами копии квитанции об оплате полугодовой подписки на журнал после того, как статья получила положительную рецензию.

Авторский экземпляр журнала высылается автору наложенным платежом (можно получить и в редакции) при условии безналичной оплаты (информация на сайте rusradiology.ru).