

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал
Выходит 1 раз в два месяца

Основан в 1920 году

DOI: 10.20862/0042-4676

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

Журнал индексируется: SciVerse Scopus, Medline, Index Medicus

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

Сайт журнала: www.russianradiology.ru

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

98 (5) сентябрь–октябрь 2017

Vestnik Rentgenologii i Radiologii

Russian Journal of Radiology

**Peer Reviewed
scientific and practical journal**

Issued once in two months

Founded in 1920

DOI: 10.20862/0042-4676

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

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

Magazine site: www.russianradiology.ru

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

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

EDITORIAL BOARD

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

98(5) September–October 2017

Оригинальные статьи

Вишнякова М.В. (мл.)

Алгоритмы комплексной лучевой диагностики окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии для определения тактики ведения пациентов

Холявин А.И., Низковолос В.Б., Гурчин А.Ф., Скворцова Т.Ю.

Совмещенная позитронно-эмиссионная томография/магнитно-резонансная томография в подготовке и проведении стереотаксических вмешательств при опухолях головного мозга

Яценко О.Ю., Королёва Е.А., Мельников И.А.

Объемные показатели костной орбиты и ее мягких тканей у детей в норме по данным компьютерной томографии

Клинические случаи

Крылов А.С., Щипахина Я.А., Фёдорова А.В., Ширяев С.В., Рыжков А.Д., Кочергина Н.В., Гончаров М.О., Неред А.С., Блудов А.Б.

Вторичная гипертрофическая остеоартропатия (синдром Пьера Мари–Бамбергера)

Юдин А.Л., Юматова Е.А., Учеваткин А.А., Азимов Р.Х., Мельченко Д.С.

Возможности мультidetекторной компьютерной томографии в диагностике дивертикула Меккеля

В помощь практикующему врачу

Кабак С.Л., Саврасова Н.А., Мельниченко Ю.М., Журавлева Н.В.

Раздвоение мышечного отростка нижней челюсти

Original Articles

231 Vishnyakova M.V. Jr.

Imaging algorithms for occlusive carotid disease in treatment strategy

238 Kholyavin A.I., Nizkovolos V.B., Gurchin A.F., Skvortsova T.Yu.

A fused PET/MRI in a planning and performing stereotactic operations in brain tumors

246 Yatsenko O.Yu., Koroleva E.A., Mel'nikov I.A.

Volume measurements of normal bony orbit and orbital soft tissue in children by computed tomographic analysis

Clinical Notes

251 Krylov A.S., Shchipakhina Ya.A., Fedorova A.V., Shiryayev S.V., Ryzhkov A.D., Kochergina N.V., Goncharov M.O., Nered A.S., Bludov A.B.

Secondary hypertrophic osteoarthropathy (Pierre Marie–Bamberger syndrome)

256 Yudin A.L., Yumatova E.A., Uchevatkin A.A., Azimov R.Kh., Mel'chenko D.S.

Possibilities of multidetector computed tomography in the diagnosis of Meckel diverticulum

Guidelines for the Practitioner

263 Kabak S.L., Savrasova N.A., Mel'nichenko Yu.M., Zhuravleva N.V.

Bifid mandibular condyle



Содержание—Contents

Обзоры литературы

**Синицын В.Е., Гридин В.Н.,
Перепелова Е.М., Перепелов В.А.**

Роль методов количественного анализа
данных магнитно-резонансной
томографии в диагностике болезни
Альцгеймера на ранней стадии
заболевания

**Серова Н.С., Беляев А.С.,
Бобров Д.С., Терновой К.С.**

Современная рентгенологическая
диагностика приобретенного
плоскостопия взрослых

Reviews of Literature

**269 Sinitsyn V.E., Gridin V.N.,
Perepelova E.M., Perepelov V.A.**

The role of methods for quantitative
analysis of magnetic resonance imaging
data in the diagnosis of Alzheimer's
disease at an early stage

**275 Serova N.S., Belyaev A.S.,
Bobrov D.S., Ternovoy K.S.**

Modern X-ray diagnosis of adult
acquired flatfoot deformity

Журнал «ВЕСТНИК РЕНТГЕНОЛОГИИ И РАДИОЛОГИИ»

Зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации

Регистрационный номер 0110962

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

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

Подписной индекс в каталоге «Роспечать»:

71486 – для индивидуальных подписчиков, предприятий и организаций

81601 – в объединенном каталоге «Пресса России. Газеты и журналы»

Адреса сайтов, на которых можно оформить подписку на журнал:

<http://www.akc.ru>

<http://www.press-med.ru>

<http://www.pressa-rf.ru>

© Общество с ограниченной ответственностью «Лучевая диагностика»

Литературный редактор, корректор Антонова И.В.

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

Номер подписан в печать 20.10.2017

Формат 60×88 1/8; Печ. л. 6,75; Усл. печ. л. 6,62; Уч.-изд. л. 6,51

Сверстано и отпечатано в ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России

119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 8

Тел.: 8 (499) 236-92-87

АЛГОРИТМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОККЛЮЗИРУЮЩЕГО ПОРАЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

М.В. Вишнякова (мл.), К. М. Н., ст. науч. сотр.

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт
им. М.Ф. Владимирского»,
ул. Щепкина, 61/2, Москва, 129110, Российская Федерация

IMAGING ALGORITHMS FOR OCCLUSIVE CAROTID DISEASE IN TREATMENT STRATEGY

M.V. Vishnyakova Jr., MD, PhD, Senior Researcher

M.F. Vladimirovskiy Moscow Regional Research and Clinical Institute,
ul. Shchepkina, 61/2, Moscow, 129110, Russian Federation

Цель исследования – усовершенствование алгоритмов обследования пациентов с окклюзирующим поражением внутренних сонных артерий (ВСА) на этапах предоперационной подготовки и оценки послеоперационных изменений и осложнений.

Материал и методы. За 2012–2016 гг. проанализированы результаты пред- и послеоперационного обследования пациентов с окклюзирующим поражением ВСА. Выделены группы, в которых оценивались: информативность компьютерно-томографической ангиографии (КТА) при планировании операции (256 пациентов), значение КТА в диагностике послеоперационных изменений (51 пациент), информативность перфузионной КТ (ПКТ) в изучении кровотока в головном мозге перед и после операции (103 и 76 пациентов соответственно), возможности КТ и МРТ в диагностике послеоперационных неврологических осложнений (595 пациентов).

Результаты. Проведение КТА перед операцией позволило повысить информативность диагностики окклюзирующего поражения, изменить тактику лечения в 6 случаях. По результатам изучения состояния артерий после операции по данным КТА были выделены три категории: «ожидаемое» состояние сосудов; изменения, требующие динамического наблюдения; осложнения. Применение ПКТ целесообразно для пациентов с односторонним сужением ВСА, сочетанием стеноза ВСА и окклюзии противоположной ВСА. Для диагностики неврологических осложнений проводится МРТ головного мозга, при необходимости дообследования – КТА и ПКТ.

Заключение. Комплексный алгоритм диагностики окклюзирующего поражения ВСА, оценки послеоперационных изменений сосудов и неврологических осложнений после реваскуляризации позволяет последовательно оценить позиции, принципиальные для определения тактики лечения пациента.

Ключевые слова: окклюзирующее поражение сонных артерий; диагностический алгоритм; оперативное лечение.

Для цитирования: Вишнякова М.В. (мл.). Алгоритмы комплексной лучевой диагностики окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии для определения тактики ведения пациентов. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 231–7. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237

Для корреспонденции: Вишнякова Марина Валентиновна; E-mail: cherridra@mail.ru

Objective – to optimize imaging algorithms of preoperative evaluation and postoperative changes and complications in patients with occlusive carotid disease.

Material and methods. Results of pre- and postoperative imaging of patients with occlusive carotid disease during 2012–2016 years were analyzed. Four groups were defined: assessment of CT-angiography (CTA) for preoperative planning (256 patients); the role of CTA for postoperative changes (51 patients); CT-perfusion (CTP) abilities in cerebral circulation assessment before and after surgery (103 and 76 patients); CT and MRI in diagnosis of postoperative neurologic complications (595 patients).

Results. CTA employment in preoperative examination increased accuracy of occlusive process evaluation and changed management strategy in 6 patients. With CTA data we were able to define three variants of postoperative carotid changes: “expected” condition; changes that require further dynamic control studies; complications. The most reasonable was CTP employment for patients with combination of stenosis of one carotid artery and occlusion of contralateral artery. For diagnosis of neurologic complication first line examination was MRI, than for further assessment – CTA and CTP.

Conclusion. Complex imaging algorithm for occlusive carotid disease assessment, defining of postoperative vascular status and possible neurologic complications provide necessary information for management strategy examination.

Index terms: carotid occlusive disease; imaging algorithm; surgical treatment.

For citation: Vishnyakova M.V.Jr. Imaging algorithms for occlusive carotid disease in treatment strategy. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 231–7 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237

For correspondence: Marina V. Vishniyakova; E-mail: cherridra@mail.ru

Information about author:

Vishnyakova M.V.Jr., orcid.org/0000-0003-3838-636X

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received August 26, 2017

Accepted September 12, 2017

Введение

Профилактика и лечение нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу остаются одной из самых актуальных проблем современной медицины [1–4]. До 50% случаев данной патологии развивается на фоне атеросклеротического поражения брахиоцефальных артерий (БЦА), в частности луковичи внутренней сонной артерии (ВСА) [2–4]. Восстановление кровотока по сонным артериям проводится при помощи открытого или эндоваскулярного хирургического вмешательства.

Решение об операции у каждого конкретного пациента принимается по совокупности данных предоперационного обследования; одним из наиболее важных критериев для выбора тактики ведения пациента является оценка состояния сонных артерий [2, 4].

Основным методом, применяемым для диагностики патологии, служит ультразвуковое исследование (УЗИ). При его проведении возможны оценка степени сужения просвета сосуда и показателей гемодинамики на этом уровне, визуализация структуры атеросклеротической бляшки. Чувствительность и специфичность УЗИ для определения стенозов более 70% составляют 99 и 86% соответственно [2, 4]. У метода есть ряд ограничений: операторозависимость, недостаточные возможности в оценке состояния труднодоступных для визуализации отделов сонных артерий [2, 4].

Компьютерно-томографическая ангиография (КТА) все шире применяется для диагностики окклюзирующего поражения сонных артерий [5–9] и характеризуется высокими показателями чувствительности и специфичности (90 и 95% соответственно) [8, 9]. В российских и зарубежных рекомендациях не существует стандартного протокола описания выявленных при КТА изменений; метод предлагается использовать в отдельных сложных случаях

[2, 4]. Также практически отсутствуют литературные источники, описывающие варианты послеоперационных изменений в сонных артериях по данным КТА.

Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) все чаще применяется для оценки кровотока в головном мозге на фоне окклюзирующего поражения сонных артерий [10–12]. Однако целесообразность ее использования при различных вариантах атеросклеротических изменений (при стенозах и окклюзиях) изучена в меньшей степени [13, 14].

После реконструктивных операций на сонных артериях возможно развитие неврологических осложнений, включающих ишемические изменения и гиперперфузионный синдром (ГПС). Основными методами диагностики данных состояний являются магнитно-резонансная и компьютерная томография (МРТ и КТ), однако в отдельных случаях их дифференциальная диагностика затруднена [15].

С учетом наличия различных методов визуализации состояния сонных артерий, изменений мозгового кровотока при окклюзирующем поражении и диагностики неврологических осложнений после операции целью нашего исследования стало усовершенствование алгоритмов обследования пациентов на этапе предоперационной подготовки и оценки послеоперационных изменений и осложнений.

Материал и методы

За 2012–2016 гг. в отделении КТ и МРТ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского были проанализированы результаты комплексного обследования пациентов перед реконструктивной операцией по поводу окклюзирующего поражения ВСА, а также данные послеоперационных исследований.

В соответствии с поставленными задачами в рамках поиска оптимальных диагностических алгоритмов пациенты были разделены на несколько групп.

В 1-й группе ($n = 256$) проводилась оценка информативности КТА при планировании реконструктивных операций на ВСА; в рамках исследования выполнялись УЗИ БЦА и кровотока по виллизиевому кругу, КТА брахиоцефальных артерий. КТА проводилась на томографе Philips iCT256 (толщина получаемых срезов не более 0,9 мм), включала низкодозовое бесконтрастное сканирование, контрастное исследование с проведением артериальной и венозной (также низкодозовой) фаз с внутривенным болюсным введением неионного контрастного препарата (объемом 50–60 мл со скоростью 4–4,5 мл/с).

При измерении степени стеноза ВСА на уровне луковичи применялись критерии NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) и ECST (European Carotid Surgery Trial) [16, 17].

Во 2-й группе ($n = 51$) в ходе оценки послеоперационных изменений в сонных артериях сопоставлялись данные УЗИ и КТА сонных артерий, дальнейшее течение послеоперационного периода.

В 3-й группе для изучения информативности ПКТ до и после оперативного вмешательства обследованы 103 пациента перед операцией и 76 – в раннем послеоперационном периоде. ПКТ проводилась на уровне базальных ядер с внутривенным болюсным введением неионного контрастного препарата (объемом 40 мл со скоростью 4 мл/с). Далее анализировались показатели перфузии при помощи построения карт и посредством получения относительных показателей.

В 4-й группе для изучения информативности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике неврологических осложнений после операций на ВСА были проанализированы результаты обследования и лечения всех пациентов за 2012–2016 гг. (595 человек).

Изменения, выявленные при КТА и повлиявшие на тактику лечения пациентов

Исходные данные	Тактика до выполнения КТА	Выявленные данные	Влияние на тактику лечения	Число пациентов
Диффузное поражение стенок ВСА	Неоперабельные пациенты	Неизменные дистальные отделы ВСА	Принятие решения о возможности проведения операции	3
Окклюзия ВСА на всем протяжении	Планировалась операция на противоположной артерии	Локальная окклюзия ВСА с дальнейшим коллатеральным кровотоком	Принятие решения о реконструкции локально окклюзированной артерии	1
Отсутствие информации о состоянии интракраниальных артерий	Планировалась операция на ВСА в плановом порядке	Мешотчатая артериальная аневризма сосудов виллизиева круга	Также выполнено оперативное лечение по поводу аневризмы	2

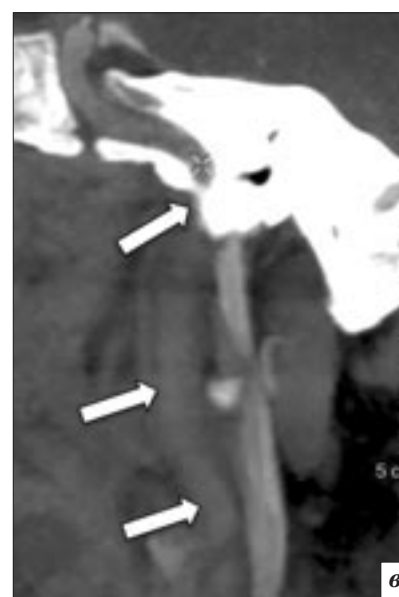
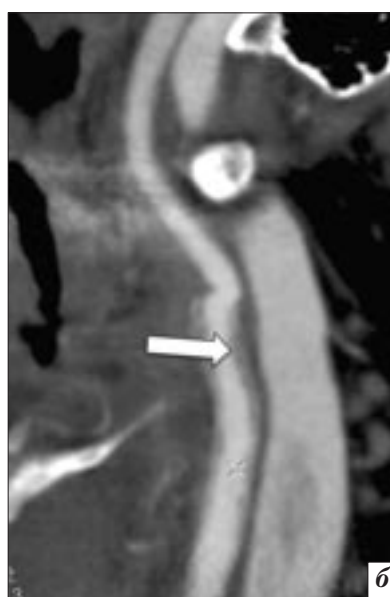
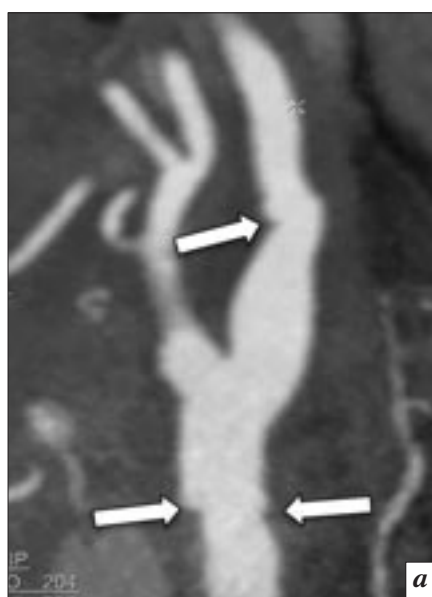


Рис. 1. КТА после операции, артериальная фаза контрастирования, реконструкция в сагиттальной плоскости: *а* – «должное» (нормальное) состояние после «классической» каротидной эндартерэктомии (минимальная деформация контура – стрелки); *б* – изменения, требующие наблюдения, после протезирования ВСА и ОСА (пристеночные дефекты контрастирования – стрелка); *в* – осложнение после эверсионной каротидной эндартерэктомии (тромбоз – стрелки)

При отсутствии противопоказаний выполнялась МРТ с использованием стандартных последовательностей T1, T2, FLAIR, DWI и бесконтрастной магнитно-резонансной ангиографии. Пациентам в тяжелом состоянии и при наличии противопоказаний к МРТ выполнялась компьютерная томография, включавшая бесконтрастное исследование, КТА и ПКТ.

Также проводилась статистическая оценка факторов риска развития неврологических осложнений после операции по ряду клинических критериев (пол, возраст пациента) и данным методов визуализации. Для параме-

тров, измеренных в номинальной шкале (таких, как пол), вычисляли двусторонний точный критерий Фишера; при параметрах, измеренных в ординальной шкале (например, степень стеноза) – асимптотический тест ассоциации. Для непрерывных параметров (например, протяженность атеросклеротической бляшки) вычисляли непарный критерий Уилкоксона–Манна–Уитни. За уровень достоверности принималось значение p , равное 0,05.

Результаты

КТА до операции. Включение КТА в алгоритм обязательного предоперационного обследо-

вания пациентов с окклюзирующим поражением ВСА повысило информативность диагностики атеросклеротического поражения, позволило выявить сочетанные изменения сосудов на уровнях, не доступных для УЗИ. Так, использование КТА изменило тактику лечения в 6 (2,3%) случаях (табл. 1).

КТА после операции. По результатам оценки состояния сонных артерий после реконструктивных операций по данным КТА было выделено три категории изменений (рис. 1), в соответствии с которыми осуществлялось дальнейшее ведение пациентов:

1) «должное» (нормальное) послеоперационное состояние: артерии имели ровные и четкие контуры, просвет реконструированных сосудов контрастировался гомогенно (41 пациент);

2) послеоперационные изменения, требовавшие наблюдения: локальные дефекты контрастирования, не вызывающие выраженного сужения просвета артерии; усиление изгибов артерий (5 пациентов);

3) осложнения после оперативного вмешательства: тромбоз, расслоение артерии (5 пациентов).

ПКТ. При оценке информативности ПКТ в изучении мозгового кровотока при окклюзирующем поражении ВСА для планирования операции были получены вариабельные значения, обусловленные как физиологической асимметрией кровотока, так и конкретным вариантом атеросклеротического поражения сосудов. Значимые (с точки зрения превышения физиологической асимметрии кровотока) изменения были выявлены в 37% случаев. Наиболее информативным стало применение ПКТ для пациентов с односторонним стенозом ВСА, а также сочетанием стеноза ВСА и окклюзии противоположной артерии.

Диагностика неврологических осложнений. Неврологические ишемические осложнения были выявлены в 1,8% случаев (11 пациентов). Распределение пациентов в зависимости от стадии инсульта и применяемых методов диагностики представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение пациентов в зависимости от стадии ишемического инсульта и методов обследования

Стадия	Проведенное исследование		Всего
	МРТ	КТ	
Острейшая	–	1	1
Острая	3	7	10

Изменения в острую стадию инсульта были типичными и не вызывали трудностей в диагностике по данным и КТ и МРТ. Наибольшие же трудности вызывало определение острейшей стадии ишемического поражения головного мозга при помощи компьютерной томографии.

Гиперперфузионный синдром (ГПС) после операции отмечался в 7 (1,1%) случаях при одностороннем стенозе ВСА (4 пациента) и при сочетании стеноза одной ВСА и окклюзии противоположной ВСА (3 пациента).

По результатам определения характерных признаков ГПС мы выделили три категории изменений:

1) усиление мозгового кровотока при отсутствии очагового поражения вещества головного мозга;

2) диффузный (или локальный) отек вещества головного мозга;

3) наличие геморрагического компонента.

При оценке статистических данных была получена корреляция между вариантом атеросклеротического поражения ВСА и частотой развития осложнений: наибольшая вероятность развития неврологических осложнений обнаружена для пациентов с сочетанием стеноза одной ВСА и окклюзией противоположной ВСА.

Также была отмечена взаимосвязь между выраженностью ишемических изменений головного мозга и частотой развития неврологических осложнений, при этом наибольший риск операция представляла для пациентов с обширными зонами кистозно-глиозной трансформации. Выявлена связь между принадлежностью к мужскому полу и риском развития ишемического инсульта после операции.

Обсуждение

Результаты проведенного нами исследования позволили предложить алгоритмы диагностического обследования пациентов с ок-

клюзирующим поражением ВСА в рамках подготовки к операции и в послеоперационном периоде.

Алгоритм 1. При подозрении на окклюзирующее поражение ВСА пациентам проводится комплексное УЗИ БЦА; при подтверждении поражения ВСА и наличии показаний к оперативному лечению выполняются компьютерная томография головного мозга и КТА (рис. 2). ПКТ может дополнять протокол обследования в отдельных случаях по показаниям (сочетание окклюзии ВСА и стеноза ВСА, наличие двусторонних выраженных и критических сужений ВСА) – для определения у пациентов исходного состояния кровотока в головном мозге и повышения информативности последующей диагностики возможных неврологических осложнений.

Алгоритм 2. Оценка послеоперационных изменений в сонных артериях проводится также исходно по данным УЗИ. При подозрении на наличие осложнений на уровнях, труднодоступных для УЗИ, выполняется КТА с разделением послеоперационных изменений на нормальное (ожидаемое) состояние, изменения, требующие наблюдения, и на осложнения (рис. 3).

Алгоритм 3. При диагностике послеоперационных неврологических осложнений при стабильном состоянии пациента лучевое обследование начинается с МРТ головного мозга; для получения дополнительной информации о состоянии сонных артерий или при нестабильном состоянии пациента (и наличии противопоказаний к МРТ) выполняется компьютерная томография, включающая бесконтрастное исследование, КТА и при необходимости ПКТ (рис. 4).

У пациентов со стенозом одной сонной артерии и окклюзией противоположной сонной артерии, учитывая риск развития неврологических осложнений после операции, протокол исследования может быть дополнен ПКТ

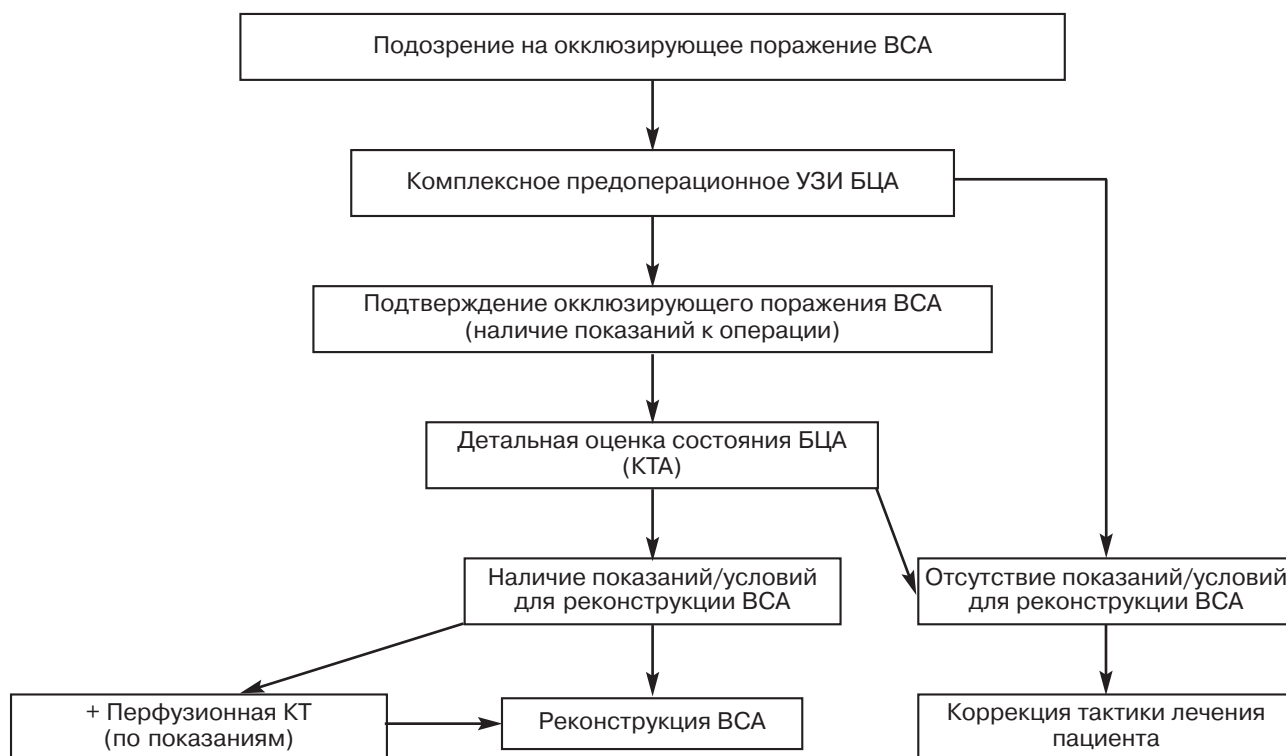


Рис. 2. Обследование пациентов с окклюзирующим поражением ВСА перед операцией – алгоритм 1

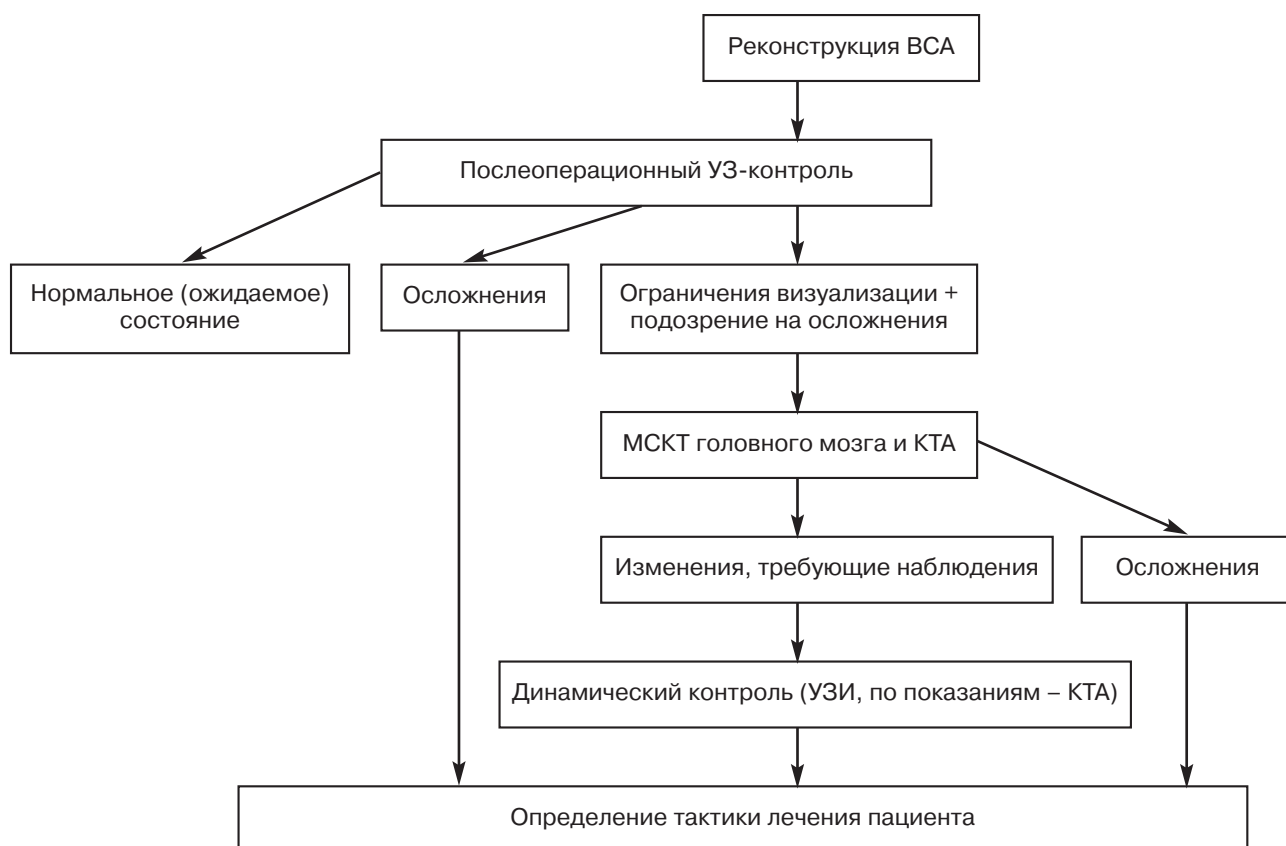


Рис. 3. Оценка состояния сонных артерий после операции – алгоритм 2

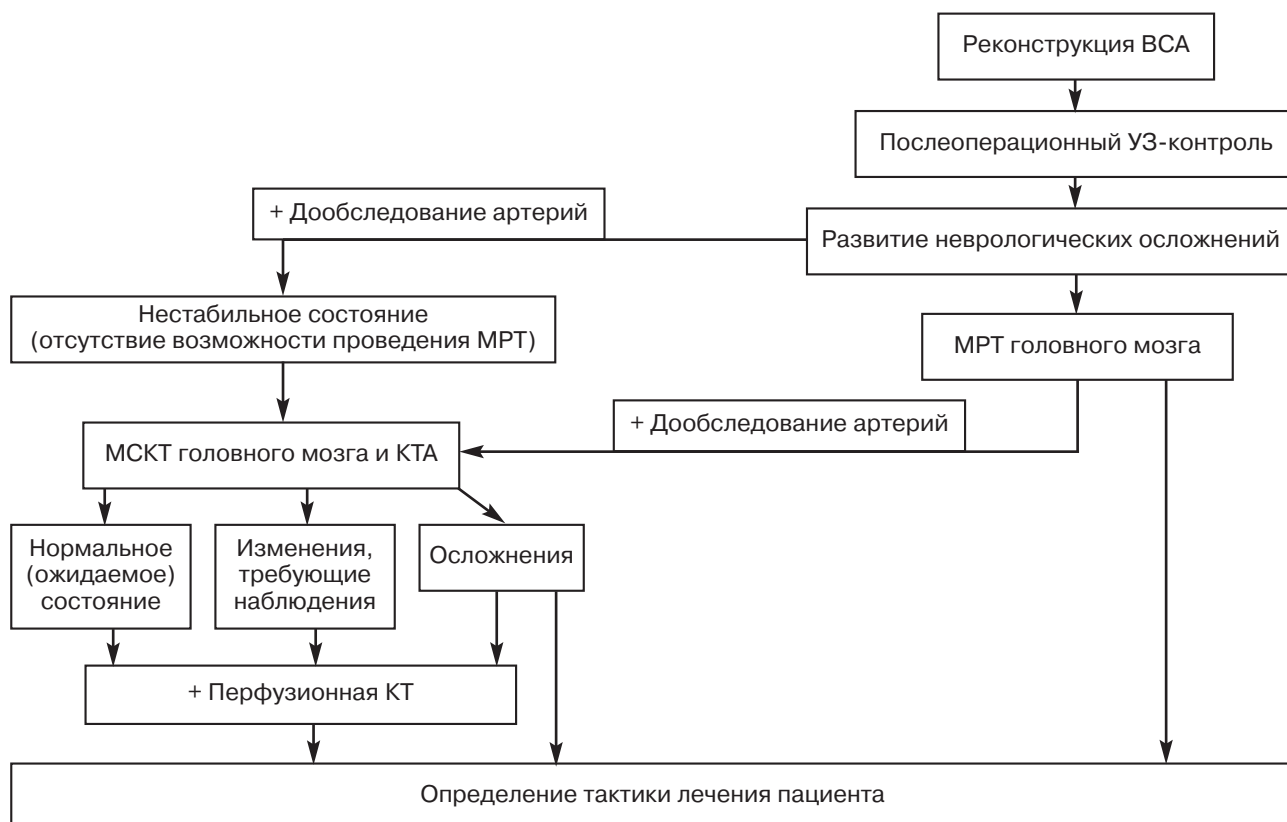


Рис. 4. Обследование пациентов после реконструктивной операции на ВСА при подозрении на наличие неврологических осложнений – алгоритм 3

на этапах до- и послеоперационного обследования.

Заключение

Использование комплексных алгоритмов обследования для оценки окклюзирующего поражения ВСА, послеоперационных изменений сосудов и неврологических осложнений после реваскуляризации позволяет последовательно определить диагностические критерии, принципиальные для выбора тактики лечения пациента.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Стаховская Л.В., Котов С.В. (ред.). Инсульт: Руководство для врачей. М.: Медицинское информационное агентство; 2013.
2. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. М.; 2013.
3. Верещагин Н.В. Роль поражений экстракраниальных отделов магистральных отделов головы в патогенезе нарушений мозгового кровообращения. Сосудистые заболевания нервной системы. Смоленск; 1980: 23–6.
4. Ricotta J.J., Aburahma A., Ascher E., Eskandari M., Faries P., Lal B.K. et al. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. *J. Vasc. Surg.* 2011; 54 (3): 1–31.
5. Мамедов Ф.Р., Арутюнов Н.В., Усачев Д.Ю., Мельникова-Пицхелаури Т.В., Пяшина Д.В., Фадеева Л.М., Корниенко В.Н. Комплексная нейрорадиологическая диагностика при атеросклеротическом поражении сонных артерий. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2011; 1: 4–10.
6. Мамедов Ф.Р., Арутюнов Н.В., Усачев Д.Ю., Лукшин В.А., Мельникова-Пицхелаури Т.В., Фадеева Л.М. и др. Современные методы нейровизуализации при стенозирующей и окклюзирующей патологии сонных артерий. *Лучевая диагностика и терапия.* 2012; 3 (3): 109–16.
7. Вишнякова М.В. (мл.), Пронин И.Н., Ларьков Р.Н., Вишнякова М.В. Детализация окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии при компьютерно-томографической ангиографии для планирования реконструктивных операций. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2017; 98 (2): 69–77.
8. Jauch E.C. et al. Guidelines for the early management of patient with acute ischemic stroke. *Stroke.* 2013; 44: 870–947.
9. Gladstone D.J., Kapral M.K., Fang J., Laupacis A., Tu J.V. Management and outcomes of transient ischemic attacks in Ontario. *CMAJ.* 2004; 170: 1099–104.
10. Ashok Srinivasan, Mayank Goyal, Faisal Al Azri, Cheemun Lum. State of the art imaging of acute stroke. *RadioGraphics.* 2006; 26: S75–S95.

11. Van Seeters T., Biessels G.J., Kap-pelle L.J., Van der Schaaf I.C., Dankbaar J.W. et al. The prognostic value of CT angiography and CT perfusion in acute ischemic stroke. *Cerebrovasc. Dis.* 2015; 40 (5–6): 258–69.
12. Ye Xin, Fu-Gang Han. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: a meta-analysis. *J. Neurolog. Sci.* 2016; 360: 125–30.
13. Немировская Т.А., Немировский А.М., Данилов В.И., Михайлов М.К., Ибатуллин М.М., Алексеев А.Г. Оценка влияния стенозов и окклюзий внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику при помощи перфузионной рентгеновской компьютерной томографии. *Казанский медицинский журнал.* 2011; 92 (3).
14. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T. et al. Prediction of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy using cerebral blood volume measured by perfusion-weighted MR imaging compared with single-photon emission CT. *AJNR.* 2007; 28: 737–42.
15. Вишнякова М.В. (мл.), Ларьков Р.Н., Вишнякова М.В. Диагностика неврологических осложнений после каротидной эндартерэктомии по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Альманах клинической медицины.* 2017; 45 (3): 218–24.
16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N. Engl. J. Med.* 1991; 325: 445–53.
17. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet.* 1998; 351 (9113): 1379–87.
1. Stakhovskaya L.V., Kotov S.V. (eds). *Stroke: Guide for doctors.* Moscow: Meditsinskoe Informatsionnoe Agentstvo; 2013 (in Russ.).
2. National guidelines for managing patients with brachiocephalic artery disease. Moscow; 2013 (in Russ.).
3. Vereshchagin N.V. The role of lesions of extracranial divisions of the main divisions of the head in the pathogenesis of cerebral circulation disorders. Cardiovascular diseases of the nervous system. Smolensk; 1980: 23–6 (in Russ.).
4. Ricotta J.J., Aburahma A., Ascher E., Eskandari M., Faries P., Lal B.K. et al. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. *J. Vasc. Surg.* 2011; 54 (3): 1–31.
5. Mamedov F.R., Arutyunov N.V., Usachev D.Yu., Mel'nikova-Pitskhelauri T.V., Pyashina D.V., Fadeeva L.M., Kornienko V.N. Complex neuroradiology assessment of atherosclerotic carotid disease. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2011; 1: 4–10 (in Russ.).
6. Mamedov F.R., Arutyunov N.V., Usachev D.Yu., Lukshin V.A., Mel'nikova-Pitskhelauri T.V., Fadeeva L.M. et al. Contemporary neuroimaging methods for stenosis and occlusions of carotid arteries. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya (Radiologic Diagnostics and Treatment, Russian journal).* 2012; 3 (3): 109–16 (in Russ.).
7. Vishnyakova M.V. (Jr.), Pronin I.N., Lar'kov R.N., Vishnyakova M.V. Detailed assessment the occlusive carotid disease with computed angiography for the reconstructive surgery planning. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2017; 98 (2): 69–77 (in Russ.).
8. Jauch E.C. et al. Guidelines for the early management of patient with acute ischemic stroke. *Stroke.* 2013; 44: 870–947.
9. Gladstone D.J., Kapral M.K., Fang J., Laupacis A., Tu J.V. Management and outcomes of transient ischemic attacks in Ontario. *CMAJ.* 2004; 170: 1099–104.
10. Ashok Srinivasan, Mayank Goyal, Faisal Al Azri, Cheemun Lum. State of the art imaging of acute stroke. *RadioGraphics.* 2006; 26: S75–S95.
11. Van Seeters T., Biessels G.J., Kap-pelle L.J., Van der Schaaf I.C., Dankbaar J.W. et al. The prognostic value of CT angiography and CT perfusion in acute ischemic stroke. *Cerebrovasc. Dis.* 2015; 40 (5–6): 258–69.
12. Ye Xin, Fu-Gang Han. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: a meta-analysis. *J. Neurolog. Sci.* 2016; 360: 125–30.
13. Nemirovskaya T.A., Nemirovskiy A.M., Danilov V.I., Mikhaylov M.K., Ibatullin M.M., Alekseev A.G. Estimation of the influence of stenoses and occlusions of the internal carotid artery on cerebral hemodynamics with perfusion X-ray computed tomography. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal (Kazan Medical Journal, Russian journal).* 2011; 92 (3) (in Russ.).
14. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T. et al. Prediction of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy using cerebral blood volume measured by perfusion-weighted MR imaging compared with single-photon emission CT. *AJNR.* 2007; 28: 737–42.
15. Vishnyakova M.V. (Jr.), Lar'kov R.N., Vishnyakova M.V. Diagnosis of neurological complications after carotid endarterectomy with multi-spiral computed tomography. *Al'manakh Klinicheskoy Meditsiny (Almanac of Clinical Medicine, Russian journal).* 2017; 45 (3): 218–24 (in Russ.).
16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N. Engl. J. Med.* 1991; 325: 445–53.
17. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet.* 1998; 351 (9113): 1379–87.

References

Поступила 26.08.2017
Принята к печати 12.09.2017

СОВМЕЩЕННАЯ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ/МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИИ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ОПУХОЛЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

А.И. Холявин, д. м. н., заведующий лабораторией стереотаксических методов;

В.Б. Низковолос, д. т. н., вед. науч. сотр.;

А.Ф. Гурчин, к. м. н., врач-нейрохирург;

Т.Ю. Скворцова, к. м. н., вед. науч. сотр.

ФГБУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой» Российской академии наук,
ул. Академика Павлова, 9, Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация

A FUSED PET/MRI IN A PLANNING AND PERFORMING STEREOTACTIC OPERATIONS IN BRAIN TUMORS

A.I. Kholiyavin, MD, PhD, DSc, Head of Stereotactic Department;

V.B. Nizkovolos, Dr. Tech. Sc., Leading Researcher;

A.F. Gurchin, MD, PhD, Neurosurgeon;

T.Yu. Skvortsova, MD, PhD, Leading Researcher

N.P. Bekhtereva Institute of Human Brain,
ul. Akademika Pavlova, 9, St.-Petersburg, 197376, Russian Federation

Цель исследования – изучение диагностических возможностей МРТ и ПЭТ/КТ, а также доступных пользовательских программ для обработки DICOM-изображений при осуществлении предоперационного планирования стереотаксических вмешательств у пациентов с глубинными церебральными глиомами в условиях совмещения изображений головного мозга.

Материал и методы. Подготовлено и проведено 35 стереотаксических операций (биопсий и лечебных криодеструкций) у пациентов с опухолями головного мозга глубокой локализации. Для нацеливания на внутриопухолевые мишени в предоперационном периоде пациентам выполняли МРТ-сканирование в стереотаксических условиях и ПЭТ/КТ-сканирование с туморотропным радиофармпрепаратом ^{11}C -метионином. Планирование операций проводилось на совмещенных МРТ/ПЭТ-изображениях. Совмещение осуществляли при помощи диагностической рабочей станции Philips и навигационной станции Medtronic StealthStation S7.

Результаты. Совмещение МРТ- и ПЭТ-изображений при помощи прикладных программных пакетов является удобным инструментом для прецизионного планирования целевых точек, доступов и траекторий введения стереотаксической канюли в мозг. На совмещенном изображении ПЭТ-компонент позволяет осуществлять планирование целевых зон для биопсии и избирательной деструкции опухоли благодаря способности радиофармпрепарата избирательно накапливаться в наиболее злокачественных участках опухоли. При этом МРТ-компонент, обеспечивая четкую анатомическую визуализацию, дает возможность проводить планирование безопасных траекторий стереотаксического доступа вне проекций функционально значимых зон, проводящих путей и внутри-мозговых сосудов, что снижает риск интраоперационных осложнений. Кроме того, МРТ обеспечивает визуализацию реперных элементов для стереотаксических расчетов.

Заключение. Продemonстрирована высокая эффективность предоперационного планирования на совмещенных магнитно-резонансных/позитронно-эмиссионных томограммах. Предложенный метод планирования операций позволяет по-

Objective – study of the diagnostic capabilities of MRI and PET/CT scanners and the available user programs for processing DICOM-images in the implementation of the preoperative planning of stereotactic interventions in patients with deep cerebral gliomas in terms of fusion the scans of a brain.

Material and methods. 35 stereotactic surgeries (biopsies and treatment cryoablations) were preplanned and then conducted in patients with brain deep-seated tumors. Patients underwent MRI-scanning in stereotactic conditions and PET/CT scanning with the tumor-specific radiotracer ^{11}C -methionine for stereotactic targeting in preoperative period. Stereotactic planning was conducted on fused MRI/PET images. A co-registration was carried out using a diagnostic workstation Philips and neuronavigation station Medtronic StealthStation S7.

Results. A fusion of MRI and PET images using application software is a convenient tool for precise planning of target points and trajectories for insertion stereotactic cannula into a brain. On a fused image the PET-component enables to plan target areas for biopsy and selective ablation of the tumor, due to the ability of a radiotracer to accumulate selectively in the most malignant sites of a tumor. While MRI component, providing a clear anatomical visualization, allows the planning safe trajectories of stereotactic access out of eloquent areas, pathways of brain and intracerebral vessels, which reduces the risk of intraoperative complications. In addition, MRI provides imaging of fiducial markers for stereotactic calculations.

Conclusion. High efficiency of preoperative planning on fused MRI/PET scans was demonstrated. The proposed planning method allows to increase the effectiveness of biopsies and to prevent the prolonged growth of brain glial tumors, even when their selective stereotactic ablation, as well as to ensure a low level of postoperative complications.

Index terms: magnetic resonance imaging; positron emission tomography; ^{11}C -methionine; glioma; stereotactic techniques; neuronavigation.

For citation: Kholiyavin A.I., Nizkovolos V.B., Gurchin A.F., Skvortsova T.Yu. A fused PET/MRI in a planning and performing

высить информативность биопсий и предотвратить продолженный рост глиальных опухолей мозга даже при их частичной стереотаксической деструкции, а также обеспечить низкий уровень послеоперационных осложнений.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; позитронно-эмиссионная томография; ^{11}C -метионин; глиома; стереотаксис; нейронавигация.

Для цитирования: Холявин А.И., Низковолос В.Б., Гурчин А.Ф., Скворцова Т.Ю. Совмещенная позитронно-эмиссионная томография/магнитно-резонансная томография в подготовке и проведении стереотаксических вмешательств при опухолях головного мозга. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 238–45. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-238-245

Для корреспонденции: Холявин Андрей Иванович; E-mail: Kholyavin@ihb.spb.ru

stereotactic operations in brain tumors. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 238–45 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-238-245

For correspondence: Andrey I. Kholyavin; E-mail: Kholyavin@ihb.spb.ru

Information about authors:

Kholyavin A.I., orcid.org/0000-0003-1934-5458

Nizkovolos V.B., orcid.org/0000-0001-9797-7819

Gurchin A.F., orcid.org/0000-0002-3843-7967

Skvortsova T.Yu., orcid.org/0000-0003-0392-7576

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received June 30, 2017

Accepted July 14, 2017

Введение

Стереотаксические операции являются методом выбора при ведении пациентов с опухолями головного мозга, расположенными в глубинных и функционально значимых отделах, когда удаление образования традиционным (открытым) способом противопоказано [1, 2]. Во время таких операций в глубинные отделы мозга через фрезевое отверстие при помощи манипулятора прицельно вводится канюля для выполнения диагностического (биопсия) или лечебного (деструкция новообразования) воздействия. Существенное значение для результативности вмешательства и минимизации осложнений имеет процедура предоперационной подготовки пациента на томографе.

Основными задачами предоперационной подготовки являются определение участков новообразований, наиболее информативных для взятия биопсийного материала, патологических зон, подлежащих стереотаксической деструкции, а также планирование очагов разрушения, максимально охватывающих новообразование и не затрагивающих функционально значимых зон и проводящих путей мозга. Кроме того, необходимо осуществить планирование наиболее безопасных траекторий введения стереотаксического инструмента, не повреждающих паренхиматозные сосуды. Наконец, при подготовке операций требуется получение пространственной информации, нужной для математических рас-

четов интраоперационного нацеливания стереотаксического манипулятора на выбранные целевые точки мозга [3].

Возможность осуществления полноценного планирования стереотаксических вмешательств возрастает при постпроцессинговой обработке томографических изображений головного мозга пациента. В частности, речь идет о совмещении («fusion») нескольких изображений мозга, полученных при различных вариантах томографии.

Целью настоящего исследования является изучение возможностей диагностических магнитно-резонансной томографии (МРТ), совмещенной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии (ПЭТ/КТ) и доступных пользовательских программ для обработки DICOM-изображений при осуществлении предоперационного планирования стереотаксических вмешательств у пациентов с глубинными глиомами в условиях совмещения изображений головного мозга.

Материал и методы

Предоперационное планирование с использованием совмещения предоперационных МРТ-и ПЭТ-изображений осуществлено нами при подготовке 35 стереотаксических операций биопсии и криодеструкции, выполненных в нейрохирургическом отделении ИМЧ РАН у пациентов с внутримозговыми опухолями (см. таблицу). Новообразования локализовались в области центральных извилин, базальных ганглиев, варолиева моста с распро-

странением на мозжечок, а также глубинных отделов височной, лобной и теменной долей.

Учитывая локализацию образований, хирургическое лечение осуществляли стереотаксическим способом. Выполняли биопсию, тотальную или локальную селективную многопозиционную криодеструкцию при помощи криохирургического аппарата конструкции ИМЧ РАН [4]. Наведение криохирургической канюли на целевые точки опухоли осуществляли с использованием стереотаксической системы ПОАНИК (ГНЦ ЦНИИ «Электронприбор», С.-Петербург) [5] и системы безрамной нейронавигации Medtronic StealthStation S7 [6].

МРТ-исследования выполнены на магнитно-резонансном томографе Philips Achieva с напряженностью магнитного поля 3 Тл с использованием катушки 8-Head. После введения контрастного вещества магнест в количестве 20 мл алгоритм сканирования включал постконтрастное исследование в режиме T1-ВИ с изотропным вокселем, с толщиной среза, равной 1 мм без межсрезового интервала, с захватом всей головы пациента. Сканирование проводилось в режиме стереотаксической МРТ, то есть стереотаксическим локализатором, фиксированным к голове.

ПЭТ-исследования проводились на одном из двух позитронно-эмиссионных томографов, каждый из которых совмещен с 16-спиральным рентгеновским компьютерным томографом: ПЭТ/КТ Gemini TF Base производства

фирмы Philips или ПЭТ/КТ GE Healthcare Discovery™ 710. Выбор конкретного томографа носил случайный характер. Оба совмещенных позитронно-эмиссионных/компьютерных томографа имеют сходное пространственное разрешение ПЭТ-сканера, равное 5 мм. Дополнительно КТ использовалась для коррекции гамма-квантов на аттенюацию.

У всех больных ПЭТ/КТ-исследования выполнены с неспецифическим туморотропным радиофармпрепаратом (РФП) L-[метил-¹¹C]-метионин ([¹¹C]метионин). В ИМЧ РАН препарат получают on-line ¹¹C-метилированием L-гомоцистеинтиолактон гидрохлорида (лактона) на картридже с сорбентом для твердофазной экстракции по ранее описанной методике [7]. Продукт получают с достаточно высоким радиохимическим выходом ($75 \pm 3\%$ от активности метилирующего агента, [¹¹C]CH₃I) и стабильно высоким содержанием L-изомера ($93,7 \pm 0,5\%$), удовлетворяющим требованиям клинического применения препарата. Синтез ¹¹C-метионина осуществляют на полностью автоматизированном модуле, сконструированном в ИМЧ РАН.

ПЭТ/КТ-исследование начинали через 10 мин после внутривенного введения ¹¹C-метионина в дозе 6–10 мКи. Вначале выполнялась низкодозовая КТ, вслед за которой немедленно начиналось ПЭТ-сканирование продолжительностью 10 мин.

Анализ ПЭТ-результатов проводился на рабочей станции, с возможностью совмещения КТ- и ПЭТ-изображений. Визуальный анализ ПЭТ-изображений позволял выявить области повышенного захвата ¹¹C-метионина, определить их локализацию, границы и величину. Оценка интенсивности захвата ¹¹C-метионина базировалась на вычислении индекса накопления (ИН), который рассчитывали путем деления накопленной активности РФП в опухоли на величину ак-

Общая характеристика больных

Показатель	Значение	
	абс.	%
Пол: мужской/женский	10/25	29/71
Возраст (среднее и стандартное отклонение), лет	43±13 23–76	
Локализация поражения		
ствол мозга и мозжечок	1	3
мозолистое тело	1	3
подкорковые ядра и таламус	4	12
центральные извилины	7	20
глубинные отделы лобной доли	11	32
глубинные отделы теменной доли	4	12
глубинные отделы височной доли	5	14
глубинные отделы затылочной доли	2	5
Гистоструктура опухоли		
пилоцитарная астроцитома	1	3
диффузная астроцитома	16	45
олигоастроцитома	1	3
анапластическая астроцитома	9	26
анапластическая олигоастроцитома	1	3
глиобластома	2	5
лимфома	1	3
лучевой некроз	2	6
воспалительное поражение	2	6
Индекс накопления метионина		
1,0 и менее	5	14
1,1–2,0	19	54
2,1–3,0	9	26
3,1 и более	2	6
Степень злокачественности глиом		
I–II	18	60
III	10	34
IV	2	6
Вид вмешательства		
стереотаксическая биопсия	24	69
стереотаксическая криодеструкция	11	31

тивности в референтном участке, который располагали в контралатеральной коре головного мозга. Совмещение МРТ- и ПЭТ-изображений, а также получение стереотаксических координат осуществляли на диагностической рабочей станции Philips с использованием программного пакета Philips IntelliSpace Portal (опции Multimodality Viewer и Automatic Registration, с алгоритмами местной корреляции, кросс-корреляции, нормализованной взаимной информации), а также на навигационной станции Medtronic StealthStation S7 (программа StealthMerge). Программы выполняют автоматическую корегистрацию МРТ- и ПЭТ-

изображений мозга с возможностью последующей ручной коррекции на совмещенных срезах в аксиальной, сагиттальной и фронтальной плоскостях. При построении совмещенной картинки в качестве базового изображения использовали МРТ в серых тонах, на которое «накладывалось» в виде оверлея полупрозрачное цветное ПЭТ-изображение. Для «раскраски» ПЭТ-изображения применяли цветовую шкалу «Rainbow». Для оценки точности автоматического совмещения двух изображений мозга пациента использовали анатомические маркеры. В качестве контрольных анатомических маркеров для совмещения МРТ-

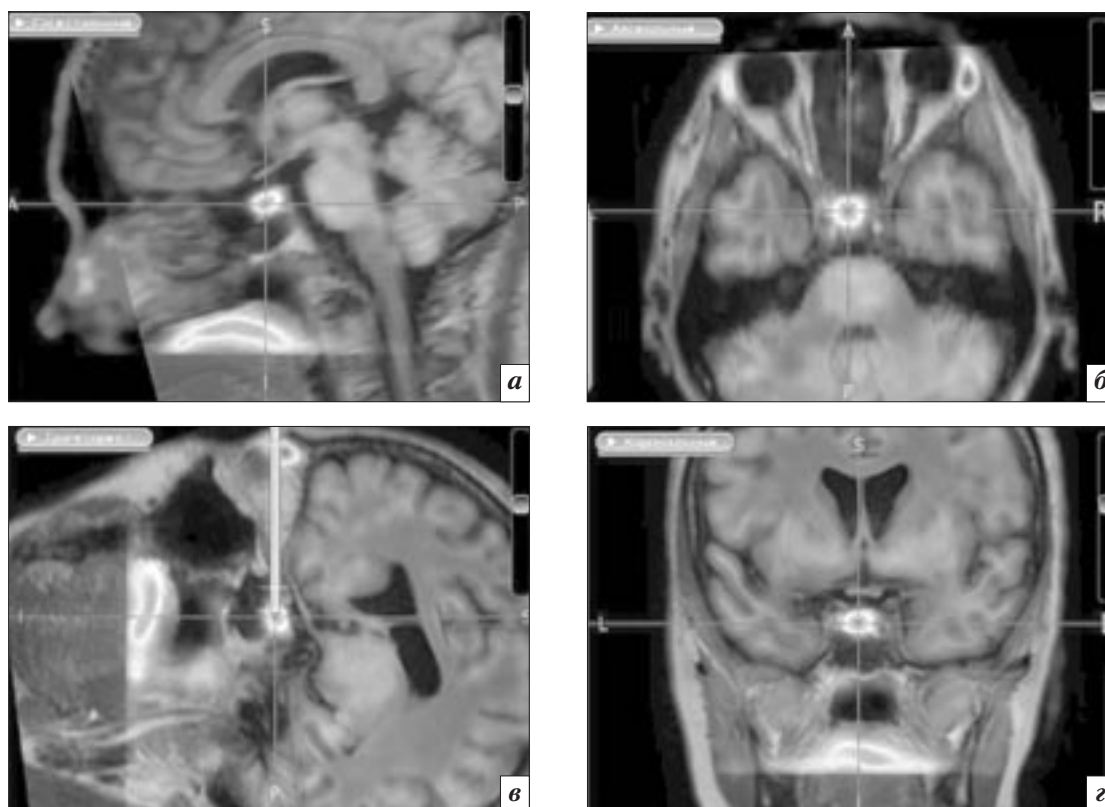


Рис. 1. Контроль точности совмещения МРТ- и ПЭТ-изображений по анатомическим маркерам. Базовое изображение: МРТ в режиме T1-ВИ, оверлей: ПЭТ с ^{11}C -метионином в тональности «rainbow»: *a* – сагиттальная плоскость; *б* – аксиальная плоскость; *в* – косая плоскость сечения мозга; *г* – корональная плоскость. На срезах и реконструкциях в трех плоскостях сечения (*a*, *б* и *г*) отмечено совпадение изображений гипофиза, блуждающего ската, вершины IV желудочка. Белая линия в косой плоскости (*в*) указывает на зону накопления радиофармпрепарата в области гипофиза, совпадающую с положением турецкого седла

и ПЭТ-изображений наряду с контурами головы и мозга пациента использовали гипофиз, блуждающий скат и вершину IV желудочка (рис. 1).

Результаты

При использовании станции Philips автоматическое совмещение объемных реконструкций МРТ- и ПЭТ-изображений достигалось в течение нескольких секунд. При этом практически во всех случаях отмечалась необходимость ручной коррекции во всех трех плоскостях сечения мозга до совпадения изображений анатомических маркеров в пределах 3–5 мм. При работе с навигационной станцией Medtronic после загрузки программой МРТ- и ПЭТ-изображений пациента автоматическое совмещение изображений также достигалось в течение 4–6 с,

при этом необходимость в ручной коррекции отсутствовала.

При планировании целевых точек для стереотаксической биопсии и криодеструкции учитывали неоднородность распределения уровней накопления ^{11}C -метионина в объеме опухоли, отображаемую ПЭТ-компонентом совмещенного изображения. Установлено, что, как правило, в объеме опухоли существуют зоны с различным уровнем накопления радиофармпрепарата [8]. Степень накопления аминокислоты ^{11}C -метионина в опухолевой ткани в те сроки, в которые проводится исследование, отражает главным образом скорость транспорта аминокислот в клетку, который, в свою очередь, тесно сопряжен с повышенным метаболическим запросом опухолевой ткани и процессами ангиогенеза. ПЭТ-изображение

можно расценить как цветовую карту зон внутримозговой опухоли с различной степенью метаболической активности и клеточной плотности и, соответственно, с различной степенью злокачественности. Кроме цветового картирования использованные программы позволяют определять количественно уровень накопления метионина в различных зонах опухоли при наведении экранного курсора на интересующие участки новообразования. При биопсии и локальной многопозиционной стереотаксической деструкции целевые точки планировали в зонах максимального накопления РФП, что более точно по сравнению с постконтрастной МРТ указывало на метаболически активные участки опухоли.

Таким образом, на совмещенном изображении ПЭТ-компонент служил основой для плани-

рования целевых точек стереотаксического вмешательства. При этом МРТ-компонент совмещенного изображения обеспечивал четкую анатомическую визуализацию структур и сосудов головного мозга. Это позволяло осуществлять планирование безопасных траекторий стереотаксического доступа вне проекций функционально значимых зон. При планировании убеждались в том, что линия, отображающая прохождение стереотаксического инструмента, не пересекала складки мягкой мозговой оболочки, изображения паренхиматозных сосудов и проводящие пути мозга (например, пирамидный и зрительный тракты). При локализации новообразований мозга в области лобной доли, базальных ганглиев, передних отделов таламуса и прецентральной извилины стереотаксические доступы осуще-

ствлялись через среднюю лобную извилину. При опухолях задних отделов таламуса и постцентральной извилины зоной погружения инструмента являлась верхняя теменная доля. При новообразованиях островка инструмент вводили в мозг через верхнюю лобную извилину. При опухолях глубоких отделов височной доли фрезевое отверстие для погружения инструмента накладывали в области нижней или средней височной извилины. При новообразованиях задней черепной ямки вход стереотаксической канюли в мозг осуществляли через полушарие мозжечка. Такой выбор стереотаксических доступов на предоперационных томограммах у всех пациентов позволял избежать прохождения инструмента через функционально значимые и богато васкуляризованные зоны мозга (рис. 2). Это дополни-

тельно снижало травматичность операции и таким образом предотвращало развитие интраоперационных осложнений. Ни у одного из прооперированных пациентов на послеоперационных томограммах не отмечено формирования паренхиматозных кровоизлияний, связанных с прохождением стереотаксической канюли через мозг.

Кроме планирования стереотаксических траекторий МРТ-компонент совмещенного изображения позволял осуществлять регистрацию пространственных координат реперных элементов стереотаксической системы для стереотаксических расчетов. При этом совмещение МРТ и ПЭТ для стереотаксического наведения исключало необходимость радиоактивного контрастирования реперных элементов.

При использовании рабочей станции Philips на томограммах

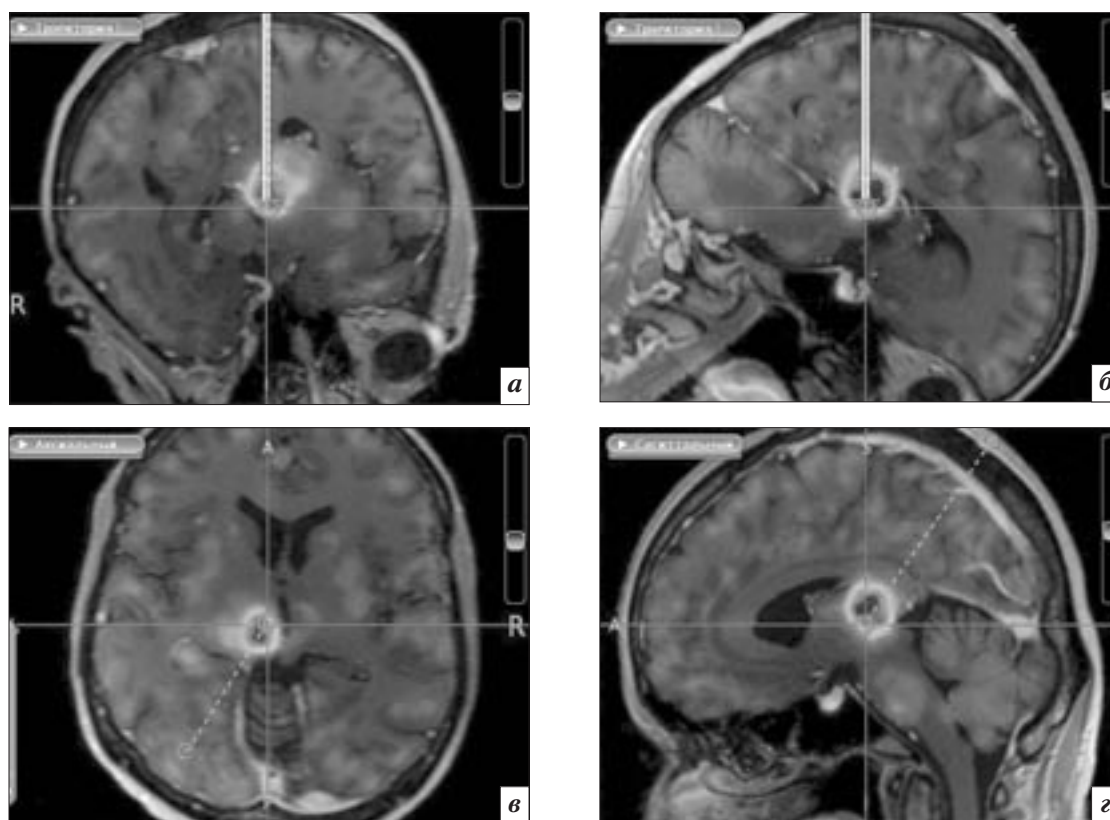


Рис. 2. ПЭТ/МРТ-планирование стереотаксического доступа для биопсии и криодеструкции опухоли левого таламуса. Базовое изображение: МРТ в режиме T1-ВИ, оверлей: ПЭТ с ^{11}C -метионином в тональности «rainbow»: а, б – две взаимно перпендикулярные плоскости, проходящие через траекторию введения стереотаксической канюли; в – аксиальная плоскость, проходящая через целевую точку; з – сагиттальная плоскость, проходящая через целевую точку. Белая линия на рисунках а и б обозначает траекторию введения стереотаксической канюли, белый пунктир на рисунках в и з – проекцию траектории на аксиальный (в) и сагиттальный (з) срезы мозга пациента. Точка входа траектории – в левой затылочной области, траектория не пересекает паренхиматозные сосуды, пинальные складки и желудочки мозга

определяли координаты целевых точек и реперных меток, после чего вводили их в программу стереотаксических расчетов для настройки стереотаксической системы. При работе с навигационной системой план операции, намеченный в программе StealthMerge, воспроизводили в операционной после регистрации меток навигационной системой. Во всех случаях многопозиционное наведение стереотаксической криоканюли в целевые точки внутримозговой опухоли во время операции осуществляли через фрезевое отверстие. Наглядно точность операции позволяло подтвердить совмещение (корегистрация) послеоперационной компьютерной и дооперационных магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томограмм (рис. 3).

Результаты гистологического исследования подтвердили эф-

фективность использованного способа выбора целевых точек в массе опухоли. У всех пациентов биопсийный материал был информативным и позволил установить достоверный гистологический диагноз. Это в том числе определяется благодаря использованию для проведения ПЭТ такого РФП, как ^{11}C -метионин, который, по мнению многих авторов [9–11], является гораздо более подходящим радиотрейсером для поиска целевых точек при биопсии глиальных новообразований, чем ^{18}F -фтордезоксиглюкоза.

На томограммах головного мозга, выполненных в раннем послеоперационном периоде криодеструкции, размеры и положение очагов крионекроза опухоли соответствовали запланированным. По данным ПЭТ, в зонах деструкции отмечено отсутствие накопления радиофармпрепара-

та. Стойкое нарастание послеоперационного неврологического дефицита отмечено лишь у 2 (5,7%) пациентов, несмотря на расположение новообразований в глубинных и функционально значимых зонах мозга, что свидетельствует о существенной роли предоперационного планирования на совмещенных томограммах при обеспечении безопасности стереотаксических вмешательств.

При этом на послеоперационных МРТ и ПЭТ, выполненных в различные сроки динамического наблюдения за пациентами после стереотаксической криодеструкции пролиферативно активных зон, отмечено формирование ликворных кист в зонах деструкций. Кроме того, выявлено уменьшение размеров оставшихся неразрушенными участков опухоли, что связано с криохирургической активацией клеточного иммунного ответа.

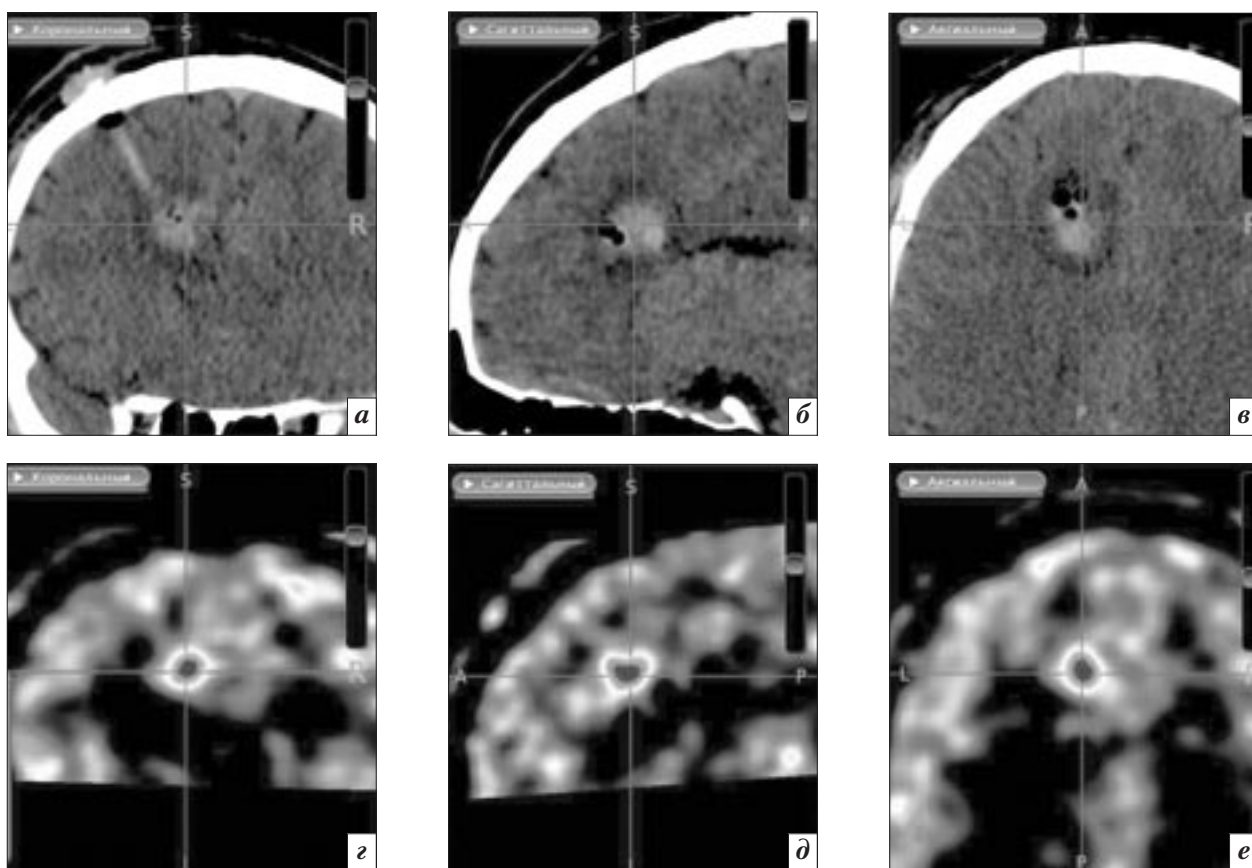


Рис. 3. Контроль результата стереотаксической криодеструкции опухоли парасагиттальных отделов левой лобной доли. Корегистрированные изображения: сверху – послеоперационная КТ (*а* – корональная плоскость; *б* – сагиттальная плоскость; *в* – аксиальная плоскость), внизу – дооперационная ПЭТ с ^{11}C -метионином в тональности «rainbow» (*г* – корональная плоскость; *д* – сагиттальная плоскость; *е* – аксиальная плоскость). Отмечено полное перекрытие очага накопления радиофармпрепарата зоной послеоперационного крионекроза

Обсуждение

По мнению большинства специалистов [12–13], наиболее информативным методом предоперационной подготовки пациентов к стереотаксическим операциям в настоящее время является МРТ. По сравнению с КТ она дает более четкую картину внутричерепного распространения опухолей головного мозга, анатомии внутримозговых структур, а также паренхиматозных и оболочечных сосудов. Полезными для стереотаксического планирования программами являются МРТ-трактография, функциональная МРТ, позволяющие выявить участки мозга, интраоперационного повреждения которых необходимо избегать. Достаточно точно могут быть визуализированы и зарегистрированы стереотаксические реперы [14].

Однако в ряде случаев необходимо также использовать данные ПЭТ, которая дает возможность визуализировать наиболее злокачественные участки опухолей головного мозга, подлежащие биопсии и селективной деструкции. Доказано, что применение ПЭТ во время предоперационной подготовки повышает достоверность гистологического диагноза для стереотаксических биопсий [9, 10] и увеличивает показатели выживаемости при избирательной многопозиционной стереотаксической деструкции опухолей [1]. В то же время ПЭТ затруднительно использовать для стереотаксических расчетов, поскольку она имеет низкую разрешающую способность, не позволяет распознать на томограммах многие структуры мозга, сосуды и реперные элементы рамы стереотаксического манипулятора [15].

В ряде нейрохирургических клиник изображения головного мозга, получаемые при помощи совмещенных ПЭТ/КТ-сканеров, применяются для стереотаксического наведения при внутримозговых новообразованиях [16, 17]. На совмещенном ПЭТ/КТ-изображении мозга ПЭТ-компонент

позволяет осуществлять предоперационное планирование целевых зон для биопсии и деструкции опухоли благодаря способности радиофармпрепарата ^{11}C -метионина избирательно накапливаться в участках глиальной опухоли, характеризующихся максимальным уровнем метаболической активности и обеспечивающих свойства злокачественности новообразования. КТ-компонент совмещенного изображения используется для регистрации стереотаксических реперов и планирования доступов к новообразованию. Однако недостаточная четкость границ опухоли и низкая контрастность изображения ткани мозга на компьютерных томограммах не дают оснований считать эту методику оптимальной при подготовке стереотаксических вмешательств при опухолях, расположенных вблизи функционально значимых структур мозга.

Следовательно, при глубокой локализации новообразований для предоперационного стереотаксического планирования на совмещенных с ПЭТ изображениях мозга наиболее целесообразно использовать данные не КТ, а МРТ. При этом на данный момент в России отсутствует возможность использовать томографы для ПЭТ/МРТ с целью планирования стереотаксических вмешательств при церебральных глиомах. Да и за рубежом такие аппараты в настоящее время представляют собой большую редкость и отличаются крайне высокой ценой.

Решением данной проблемы может являться «программное» совмещение МРТ- и ПЭТ-изображений мозга пациента, выполненных во время различных исследований. На сегодняшний день существуют доступные прикладные программные пакеты для постпроцессинговой обработки диагностических изображений. При этом разработаны несколько альтернативных математических алгоритмов совмещения изображений [18, 19], в некоторых программах могут использоваться

сразу несколько алгоритмов. Из виртуально совмещенных объемных МРТ- и ПЭТ-изображений мозга при дальнейшей работе программы возможно получение изображений плоских совмещенных ПЭТ/МРТ-срезов мозга, в любом направлении сечения. Такие реконструированные плоские ПЭТ/МРТ-срезы могут быть использованы для анализа и предоперационного планирования стереотаксических вмешательств.

Для совмещения результатов МРТ- и ПЭТ-исследований пациентов можно использовать компоненты программного обеспечения рабочих станций, которыми комплектуются современные отделения лучевой диагностики; специализированное программное обеспечение компьютеров, входящих в комплектацию стереотаксических манипуляторов и систем безрамной нейронавигации; бесплатные и коммерческие программы обработки диагностических изображений, которые могут быть установлены на персональные компьютеры.

В нашем исследовании у большинства прооперированных пациентов отмечено эффективное торможение или прекращение роста новообразования. Такая тактика избирательного разрушения пролиферативно-активных зон при распространенных глубинных глиомах, ставшая возможной при осуществлении ПЭТ/МРТ-планирования, позволила отказаться от тотального разрушения опухоли и ограничиться ее частичной деструкцией, снизив риск осложнений [1, 17].

Заключение

Как показал наш опыт, точность достигаемого совмещения позитронно-эмиссионных и магнитно-резонансных томограмм с использованием имеющихся специальных программ является приемлемой для планирования и оценки результатов малоинвазивных нефункциональных стереотаксических вмешательств. Результаты операций продемонстрировали высокую эффективность

предоперационного планирования на совмещенных томограммах, информативность биопсий и предотвращение продолженного роста глиальных опухолей даже при их частичной стереотаксической деструкции, а также низкий уровень послеоперационных осложнений. Наведение на мишени при помощи ПЭТ/МРТ с туморотропным радиофармпрепаратом целесообразно применять при планировании биопсий и лечебных стереотаксических деструкций у больных с глубинным распространением внутримозговых опухолей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Мартынов Б.В., Холявин А.И., Парфенов В.Е., Низковолос В.Б., Труфанов В.Е., Фокин В.А. и др. Метод стереотаксической криодеструкции в лечении больных с глиомами головного мозга. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2011; 75 (4): 17–24. [Martynov B.V., Kholyavin A.I., Parfenov V.E., Nizkovolos V.B., Trufanov V.E., Fokin V.A. et al. The method of a stereotactic cryodestruction in a treatment of patients with cerebral gliomas. *Voprosy Neyrokhirurgii imeni N.N. Burdenko (Problems of Neurosurgery Named after N.N. Burdenko, Russian journal)*. 2011; 75 (4): 17–24 (in Russ.).]
2. Lunsford L.D., Somaza S., Kondziolka D., Flickinger J.C. Brain astrocytomas: biopsy, then irradiation. *Clin. Neurosurg.* 1995; 42: 464–79.
3. Kholyavin A.I., Nizkovolos V.B., Anichkov A.D. Tomography of brain and stereotactic guidance. *Biomed. Engineer.* 2014; 48 (1): 24–6.
4. Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Устройство для криохирургического воздействия. Патент № 2115377 Российской Федерации. МПК7 A61B 17/36. *Изобретения. Полезные модели*. 1998; 20: 3 опублик. 20.07.98. [Nizkovolos V.B., Anichkov A.D. A device for a cryosurgery action. Patent № 2115377 Russian Federation, МПК7 A61B 17/36. *Izobreteniya. Poleznye Modeli (Inventions. Useful models. Russian journal)*. 1998; 20: 3 published 20.07.98 (in Russ.).]
5. Полонский Ю.З., Холявин А.И., Мартынов Б.В., Парфенов В.Е., Труфанов В.Е. Безрамная расчетная магнитно-резонансная томография со стереотаксическими манипуляторами класса «Ореол». *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2009; 4 (28): 71–8. [Polonskiy Yu.Z., Kholyavin A.I., Martynov B.V., Parfenov V.E., Trufanov V.E. Use of stereotactic manipulators of the Oreol class for frameless stereotactic magnetic resonance imaging. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii (Herald of Russian Military Medical Academy, Russian journal)*. 2009; 4 (28): 71–8 (in Russ.).]
6. Холявин А.И., Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Прецизионная стереотаксическая безрамная нейронавигация. *Медицинская техника*. 2016; 4: 26–8. [Kholyavin A.I., Nizkovolos V.B., Anichkov A.D. Precision stereotactic frameless neuronavigation. *Meditsinskaya Tekhnika (Medical Equipment, Russian journal)*. 2016; 4: 26–8 (in Russ.).]
7. Гомзина Н.А., Кузнецова О.Ф. Получение L-[метил-(11C)]метионина высокой энантиомерной чистоты путем on-line-11C-метилирования L-гомоцистеинтиолактонгидрохлорида. *Биоорганическая химия*. 2011; 37: 216–22. [Gomzina N.A., Kuznetsova O.F. Preparation of [11C-methyl]-L-methionine in high enantiomeric purity by "on-line" 11C-methylation. *Bioorganicheskaya Khimiya (Bioorganic Chemistry, Russian journal)*. 2011; 37: 216–22 (in Russ.).]
8. Kunz M., Thon N., Eigenbrod S., Hartmann C., Egensperger R., Herms J. et al. Hot spots in dynamic (18) FET-PET delineate malignant tumor parts within suspected WHO grade II gliomas. *Neuro-oncology*. 2011; 13 (3): 307–16.
9. Pirotte B., Goldman S., Massager N., David P., Vandesteene A., Salmon I. et al. Comparison of 18F-FDG and 11C-methionine for PET-Guided stereotactic brain biopsy of gliomas. *J. Nucl. Med.* 2004; 45 (8): 1293–8.
10. Van Laere K., Ceyssens S., Van Calenbergh F., de Groot T., Menten J., Flamen P. et al. Direct comparison of 18F-FDG and 11C-methionine PET in suspected of glioma: sensitivity, inter-observer variability und prognosis value. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imag.* 2005; 32 (1): 39–51.
11. Kläsner B.D., Krause B.J., Beer A.J., Drzezga A. PET imaging of gliomas using novel tracers: a sleeping beauty waiting to be kissed. *Expert Rev. Anticancer. Ther.* 2010; 10 (5): 609–13.
12. Hariz M.I. CT scanning in stereotactic neurosurgery. In: Gildenberg P.L., Tasker R.R. (eds.) *Textbook of stereotactic and functional neurosurgery*. New-York: McGraw-Hill; 1998: 265–70.
13. Simon S.L., Douglas P., Baltuch G.H., Jaggi J.L. Error analysis of MRI and Leksell stereotactic frame target localization in deep brain stimulation surgery. *Stereotac. Functional Neurosurg.* 2005; 83 (1): 1–5.
14. Yu C., Apuzzo M.L., Zee C.S., Petrovich Z. A phantom study of the geometric accuracy of computed tomographic and magnetic resonance imaging stereotactic localization with the Leksell stereotactic system. *Neurosurgery*. 2001; 48 (5): 1092–8.
15. Mori Y., Hayashi N., Iwase M., Yamada M., Takikawa Y., Uchiyama Y. et al. Stereotactic imaging for radiosurgery: localization accuracy of magnetic resonance imaging and positron emission tomography compared with computed tomography. *Stereotact. Functional Neurosurg.* 2006; 84 (4): 142–6.
16. Kuhn S.A., Romeike B., Walter J., Kalff R., Reichart R. Multiplanar MRI-CT fusion neuronavigation-guided serial stereotactic biopsy of human brain tumors: proof of a strong correlation between tumor imaging and histopathology by a new technical approach. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2009; 135 (9): 1293–302.
17. Низковолос В.Б., Холявин А.И., Гурчин А.Ф. Практические аспекты использования совмещенной МСКТ-ПЭТ в стереотаксической нейроонкологии. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова*. 2012; 4 (2): 16–9. [Nizkovolos V.B., Kholyavin A.I., Gurchin A.F. The practical aspects of using the combined CT-PET in stereotactic neuro-oncology. *Rossiyskiy Neyrokhirurgicheskiy Zhurnal imeni professora A.L. Polenova (Russian Neurosurgery Journal named after A.L. Polenov)*. 2012; 4 (2): 16–9 (in Russ.).]
18. Guihong Q., Dali Z., Pingfan Y. Medical image fusion by wavelet transform modulus maxima. *Optics Express*. 2001; 9 (4): 184–90.
19. Ganasala P., Kumar V. CT and MR image fusion scheme in nonsubsampled contourlet transform domain. *J. Digital Imag.* 2014; 27 (3): 407–18.

Поступила 30.06.2017

Принята к печати 14.07.2017

ОБЪЕМНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОСТНОЙ ОРБИТЫ И ЕЕ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ДЕТЕЙ В НОРМЕ ПО ДАННЫМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

О.Ю. Яценко¹, д. м. н., профессор кафедры офтальмологии;

Е.А. Королёва², врач-офтальмолог;

И.А. Мельников², к. м. н., врач-рентгенолог

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

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

² ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы,

ул. Б. Полянка, 22, Москва, 119180, Российская Федерация

VOLUME MEASUREMENTS OF NORMAL BONY ORBIT AND ORBITAL SOFT TISSUE IN CHILDREN BY COMPUTED TOMOGRAPHIC ANALYSIS

O.Yu. Yatsenko¹, MD, PhD, DSc, Professor of Ophthalmology Chair;

E.A. Koroleva², Ophthalmologist;

I.A. Mel'nikov², MD, PhD, Radiologist

¹ Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education, Ministry of Health of Russia, ul. Barrikadnaya, 2/1, stroenie 1, Moscow, 125993, Russian Federation;

² Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, ul. Bol'shaya Polyanka, 22, Moscow, 119180, Russian Federation

Цель исследования – изучить объемные показатели костной орбиты и ее мягких тканей у детей в норме.

Материал и методы. Изучены компьютерные томограммы 50 детей (80 орбит) без орбитальной патологии. Компьютерную томографию выполняли по стандартной методике, с получением аксиальных и фронтальных срезов. Толщина срезов составляла 1,0 мм, шаг – 1,0 мм.

Результаты. Авторами приведены объемные показатели костной орбиты и ее мягких тканей (экстраокулярные мышцы, ретробульбарная клетчатка, зрительный нерв, слезная железа, глаз) у детей в норме с учетом их возрастных особенностей. Представлены данные соотношения объемов орбитальных тканей, позволяющие судить об изменении анатомо-топографических взаимоотношений в орбите по мере роста детей.

Заключение. Рост ребенка сопровождается постоянным, равномерным увеличением объема костной орбиты и орбитальной клетчатки, которые достигают к 15–16 годам в среднем 21,93 и 14,87 см³ соответственно. С возрастом происходит более значительное увеличение в объеме мягких тканей орбиты по сравнению с объемом глазницы, что приводит к изменению топографических взаимоотношений тканей в орбите (расширяется мышечная воронка, увеличивается выстояние глаза из орбиты).

Ключевые слова: компьютерная томография; костная орбита; экстраокулярные мышцы; ретробульбарная клетчатка; зрительный нерв; слезная железа; глаз.

Для цитирования: Яценко О.Ю., Королёва Е.А., Мельников И.А. Объемные показатели костной орбиты и ее мягких тканей у детей в норме по данным компьютерной томографии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 246–50. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-246-250

Для корреспонденции: Яценко Олег Юрьевич; E-mail: olegyatsenko@rambler.ru

Objective: to study the volumetric data of the bone of the orbit and its soft tissues in children is normal.

Material and methods. A research into CT scans of 50 children (80 orbits) without orbital abnormality was conducted. The computed tomography imaging was performed routinely, with both axial and frontal sections obtained. Section thickness measured 1.0 mm at intervals of 1.00 mm.

Results. The article presents volume measurements for normal bony orbits and orbital soft tissue (extraocular muscle, retrobulbar tissue, optic nerve, and lacrimal gland) in children in vivo, with regard to age peculiarities. The orbital tissue volume ratios presented in the article allow for conclusions about age-specific changes in the anatomy and topography of the orbit in children.

Conclusion. The growth of a child is accompanied by a continuous steady increase in the bony orbit and orbital soft tissue volume, which reaches 21.93 cm³ and 14.87 cm³ respectively by the age of 15 to 16 years. With age, the volume of orbital soft tissues shows a greater increase than the volume of the bony orbit, which leads to a change in topographic ratio of orbital tissues (the muscle “cone” widens, the eyeball protrudes forward).

Index terms: computed tomography; bony orbit; extraocular muscle; retrobulbar tissue; optic nerve; lacrimal gland; eyeball.

For citation: Yatsenko O.Yu., Koroleva E.A., Mel'nikov I.A. Volume measurements of normal bony orbit and orbital soft tissue in children by computed tomographic analysis. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 246–50 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-246-250

For correspondence: Oleg Yu. Yatsenko; E-mail: olegyatsenko@rambler.ru

Information about authors:

Yatsenko O.Yu., orcid.org/0000-0003-0882-8614

Koroleva E.A., orcid.org/0000-0003-1379-7971

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received November 23, 2016

Accepted December 7, 2016

Введение

Костная орбита представляет собой усеченную четырехгранную пирамиду, обращенную своей вершиной в полость черепа. Эта небольшая по объему, но сложная по строению анатомическая область содержит глазное яблоко, экстраокулярные мышцы, связки и фасции, сосуды, нервы, орбитальную клетчатку, слезную железу [1, 2].

У детей форма и размеры орбиты значительно отличаются от таковых у взрослых, что связано с особенностями анатомического строения костей черепа в детском возрасте. Так, орбита детей похожа на трехгранную усеченную пирамиду с хорошо развитой только верхней стенкой [2, 3]. Размеры глазниц новорожденного, по данным Е.И. Сидоренко, составляют 2/3 соответствующих размеров взрослого человека [3]. При этом, по мнению одних авторов, рост орбитальных структур заканчивается к 8–10 годам [2, 3], по данным других – продолжается до 21–23 лет [4, 5].

Широкое внедрение в практику компьютерных и магнитно-

резонансных томографов, разработка новых методик обработки полученной информации способствуют повышенному в последние годы интересу к изучению прижизненных биометрических показателей орбиты [6–9]. В специализированной литературе появилось множество работ, в которых приводятся нормальные объемные показатели костной орбиты и ее мягкотканого содержимого у взрослых [10–20]. Сообщения же о нормальных показателях орбитальных структур у детей встречаются крайне редко и носят несистемный характер [3–5, 25].

Учитывая вышеизложенное, целью нашей работы было изучение объемных характеристик костной орбиты и ее мягких тканей у детей с учетом их возраста.

Материал и методы

С целью изучения нормальных показателей костной орбиты и ее мягких тканей были исследованы компьютерные томограммы 50 детей (80 орбит), среди них 21 мальчик и 29 девочек. Возраст детей варьировал от 2 до

16 лет. У 30 пациентов без орбитальной патологии были изучены обе орбиты (60 орбит). У 20 детей с односторонним поражением орбиты для определения показателей нормы была исследована интактная орбита (20 орбит) (рис. 1).

Компьютерную томографию выполняли по стандартной методике, с получением аксиальных и фронтальных срезов, на компьютерном томографе Philips Brilliance CT 16. Толщина срезов составляла 1,0 мм, шаг – 1,0 мм.

Обработку полученных данных осуществляли на рабочей станции компьютерного томографа Philips Extended Brilliance-workspace и на персональном компьютере с использованием программы 3D-doctor.

Для расчета показателей объема костной орбиты и ее мягких тканей были использованы методики, описанные нами ранее (рис. 2) [11, 12].

Результаты

В 15–16 лет объем орбиты в среднем равен 21,93 см³, что на 38,09% превышает показатели



Рис. 1. Компьютерные томограммы орбит (аксиальная проекция): *а* – пациент К., 5 лет, отсутствуют изменения в обеих орбитах; *б* – пациентка С., 1,5 года, гематома парабитальной области справа – исследованы ткани левой орбиты

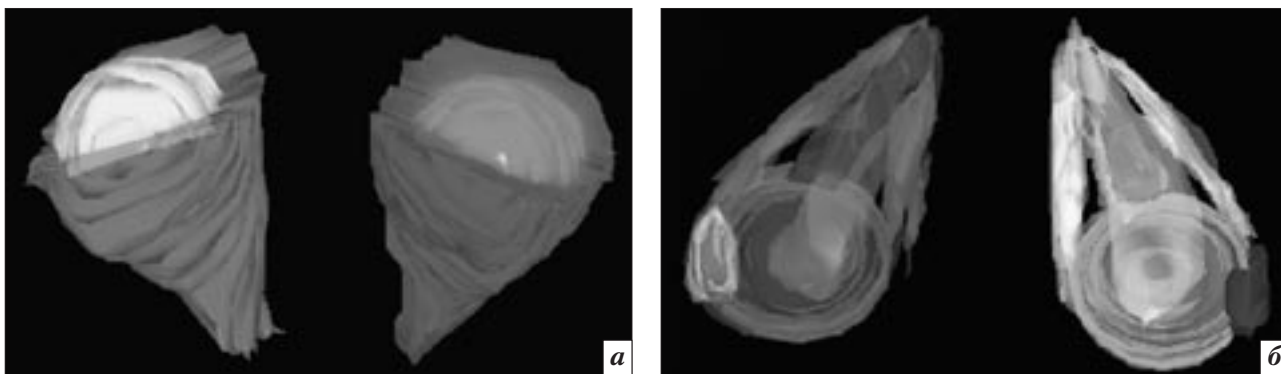


Рис. 2. Трехмерная реконструкция КТ-изображения: *а* – орбиты с внеорбитальной частью глазного яблока (вид снизу спереди); *б* – блок орбитальных тканей (вид сверху)

Таблица 1

Показатели объемов костной орбиты и ее мягких тканей у детей разного возраста

Показатель	2–3 года		4–5 лет		6–7 лет		8–9 лет		12–13 лет		15–16 лет	
	<i>n</i>	см ³	<i>n</i>	см ³	<i>n</i>	см ³	<i>n</i>	см ³	<i>n</i>	см ³	<i>n</i>	см ³
Объем орбиты	21	15,88	8	16,99	9	18,93	10	18,78	16	21,34	16	21,93
Объем мышечной воронки	19	4,68	7	5,59	7	6,44	5	6,63	10	7,62	13	7,98
Объем мышц	19	1,36	7	1,29	7	1,73	5	1,73	10	1,9	13	1,9
Общий объем орбитальной клетчатки	19	8,81	7	10,69	7	11,49	5	11,29	10	13,41	13	14,87
Объем клетчатки внутреннего хирургического пространства	19	2,95	7	4,05	7	4,22	5	4,35	10	5,26	13	5,57
Объем клетчатки наружного хирургического пространства	19	5,7	7	6,64	7	7,27	5	7,29	10	8,14	13	9,29
Объем зрительного нерва	19	0,247	7	0,227	7	0,313	5	0,296	10	0,254	13	0,32
Объем слезной железы	19	0,177	7	0,216	7	0,181	5	0,246	10	0,20	13	0,185
Объем глаза	19	6,15	7	6,58	7	7,03	5	6,89	10	7,8	13	6,88
Объем орбитальной части глаза	19	5,22	7	4,81	7	5,046	5	5,36	10	5,56	13	5,19
Объем глаза вне орбиты	19	0,95	7	1,72	7	1,940	5	1,64	10	2,24	13	1,68

Таблица 2

Показатели соотношения объемов костной орбиты и ее мягких тканей у детей разного возраста

Отношение	2–3 года	4–5 лет	6–7 лет	8–9 лет	12–13 лет	15–16 лет
Объема орбиты к объему мышц	11,67	13,17	10,94	10,85	11,23	11,54
Объема орбиты к объему мышечной воронки	3,39	3,04	2,94	2,83	2,8	2,74
Объема орбиты к объему общей орбитальной клетчатки	1,8	1,59	1,64	1,66	1,59	1,47
Объема орбиты к объему орбитальной клетчатки внутреннего хирургического пространства	5,38	4,19	4,48	4,31	4,05	3,93
Объема орбиты к объему орбитальной клетчатки наружного хирургического пространства	2,78	2,55	2,6	2,57	2,62	2,36

детей 2-летнего возраста (табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют о достаточно равномерном увеличении объема глазницы на протяжении всего периода развития ребенка. Исключением является возраст 12–13 лет. В это время выявлено наиболее значительное увеличение, что может быть обусловлено гормональной перестройкой организма детей в пубертатном периоде и их общим бурным ростом.

Также с 2 до 16 лет отмечено выраженное увеличение объема орбитальной клетчатки (на 68,78%). При этом обращает на себя внимание то, что увеличение как объема костной орбиты, так и объема орбитальной клетчатки происходит равномерно: в абсолютных величинах – 6,05 и 6,06 см³ соответственно. Од-

нако, принимая во внимание изначально значительно больший объем костной орбиты по сравнению с клетчаткой, можно констатировать, что по мере роста ребенка происходит изменение объемных взаимоотношений в орбите (табл. 2). Так, у детей 2–3 лет отношение объема костной орбиты к объему орбитальной клетчатки составляет 1,8, а у детей 15–16 лет – 1,47. Данные показатели свидетельствуют о том, что у более взрослых детей клетчатка в орбите занимает относительно больший объем (см. табл. 2).

Следует также отметить, что, несмотря на относительно равномерное увеличение в абсолютных числах объема орбитальной клетчатки наружного и внутреннего хирургического пространства, от-

ношение ее к объему орбиты претерпевает значительные изменения. Причем в большей степени это касается клетчатки внутреннего пространства (см. табл. 2).

Объем мышечной воронки у детей к 16 годам увеличивается на 70,51% по сравнению с 2 годами (см. табл. 1). Столь значительный рост воронки приводит к изменениям топографических соотношений в орбите. Так, постепенно происходит снижение отношения объема орбиты к объему мышечной воронки, что свидетельствует о большем (относительном) объеме, который занимает мышечная воронка в орбите (см. табл. 2).

Экстраокулярные мышцы растут достаточно равномерно на протяжении всего периода развития ребенка, достигая в среднем 1,9 см³ в 15–16-летнем возрасте. Как

видно из таблицы 2, объем мышц увеличивается пропорционально объему орбиты, о чем свидетельствует не меняющийся показатель отношения объема орбиты к объему мышц.

Установлено также увеличение в объеме зрительного нерва и слезной железы, однако эти изменения (учитывая небольшой объем зрительного нерва, слезной железы) не приводят к значительным перестройкам в орбите (см. табл. 1). Интересным является и тот факт, что у детей в возрасте 2 лет более 80% объема глаза находится в орбите. Однако по мере взросления ребенка постепенно происходит увеличение выстояния глаза (см. табл. 1).

Обсуждение

Сложность анатомического строения орбитальной области, особенности ее строения у детей, большое количество заболеваний, встречающихся в глазнице, а также немногочисленность клинических симптомов, возникающих при ее поражении, способствуют широкому применению в клинике визуализирующих методов исследования (КТ, МРТ, УЗИ). Правильная интерпретация изменений, появляющихся в орбитальных тканях, корреляция их с клинической картиной невозможны без знания нормальной анатомии этой области, что и влечет за собой повышенный интерес к изучению прижизненных биометрических показателей орбиты.

В последние годы появилось множество работ, посвященных изучению объемных показателей нормальной анатомии орбиты и ее содержимого у взрослых [10–24]. Однако исследований анатомии орбитальной области у детей крайне мало [2, 3, 25]. В отечественной литературе заслуживает внимания работа С.В. Саакян и др., посвященная изучению по компьютерным томограммам объемных показателей глаза и орбиты у детей различных возрастных групп [25].

По результатам нашей работы установлено, что объем орбиты в 15–16 лет в среднем равен 21,93 см³. Это согласуется с данными, полученными ранее С.В. Саакян и др. [25]. Однако в отличие от их данных результаты нашего исследования свидетельствуют о достаточно равномерном увеличении объема глазницы на протяжении всего периода развития ребенка (см. табл. 1). Также проведенные нами ранее исследования нормальных показателей объема костной орбиты у взрослых (в среднем у мужчин объем равен 25,78 ± 0,39 см³, у женщин 22,95 ± 0,28 см³) [11] позволяют предположить дальнейший рост орбиты и после 16 лет, что соответствует выводам других авторов [4].

У детей в 2–3 года объем орбитальной клетчатки в среднем равен 8,81 см³, а в 15–16 лет – 14,87 см³ (см. табл. 1). Обращает на себя внимание несколько большее увеличение в объеме клетчатки наружного хирургического пространства по сравнению с клетчаткой мышечной воронки.

Объем экстраокулярных мышц увеличивается с 1,36 см³ у детей 2–3 лет до 1,9 см³ в 15–16 лет (см. табл. 1). При этом на протяжении всего периода развития ребенка рост мышц идет пропорционально росту орбиты (см. табл. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе роста детей объем мягких тканей орбиты увеличивается в большей степени по сравнению с костной орбитой (см. табл. 1, 2). Данный процесс идет равномерно и непрерывно и приводит к изменению топографических взаимоотношений тканей в орбите (расширяется мышечная воронка, увеличивается выстояние глаза из орбиты).

Выводы

1. Рост ребенка сопровождается постоянным, равномерным увеличением объема костной ор-

биты, который к 15–16 годам достигает в среднем 21,93 см³.

2. Объем орбитальной клетчатки в 15–16 лет составляет в среднем 14,87 см³.

3. Увеличение объема экстраокулярных мышц происходит пропорционально росту орбиты.

4. В процессе роста детей объем мягких тканей орбиты увеличивается в большей степени по сравнению с объемом костной орбиты, что приводит к изменению топографических взаимоотношений тканей в орбите (расширяется мышечная воронка, увеличивается выстояние глаза из орбиты).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Вит В.В. Строение зрительной системы человека. Одесса: Астропринт; 2010. [Vit V.V. The structure of the human visual system. Odessa: Astroprint; 2010 (in Russ.).]
2. Никифоров А.С., Гусева М.Р. Нейроофтальмология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008. [Nikiforov A.S., Guseva M.R. Neuroophthalmology. Moscow: GEOTAR-Media; 2008 (in Russ.).]
3. Сидоренко Е.И. Офтальмология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2006. [Sidorenko E.I. Ophthalmology. Moscow: GEOTAR-Media; 2006 (in Russ.).]
4. Загоровская Т.М., Алешкина О.Ю., Сырова О.В. Изменчивость морфометрических характеристик глазницы в зависимости от возраста и пола. *Бюллетень медицинских Интернет-конференций*. 2013; 3 (5): 917. [Zagorovskaya T.M., Aleshkina O.Yu., Syrova O.V. The variability of morphometric characteristics of the orbit, depending on age and gender. *Byulleten' Meditsinskikh Internet-Konferentsiy (Bulletin of Medical Internet Conferences, Russian journal)*. 2013; 3 (5): 917 (in Russ.).]

5. Chang J.T., Morrison C.S., Styczynski J.R., Mehan W., Sullivan S.R., Taylor H.O. Pediatric orbital depth and growth: a radiographic analysis. *J. Craniofac. Surg.* 2015; 26 (6): 1988–91.
6. Ji Y., Qian Z., Dong Y., Zhou H., Fan X. Quantitative morphometry of the orbit in Chinese adults based on a three-dimensional reconstruction method. *J. Anat.* 2010; 217 (95): 501–6.
7. Bukhari A.A., Basheer N.A., Johariy H.I. Age, gender, and interracial variability of normal lacrimal gland volume using MRI. *Ophthalm. Plast. Reconstr. Surg.* 2014; 30 (5): 388–91.
8. Kwon J., Barrera J.E., Jung T.Y., Most S.P. Measurements of orbital volume change using computed tomography in isolated orbital blowout fractures. *Arch. Facial. Plast. Surg.* 2009; 11 (6): 395–8.
9. Бровкина А.Ф., Кармазановский Г.Г., Яценко О.Ю. Объем костной орбиты и ее мягкотканого содержимого в норме. *Медицинская визуализация.* 2006; 6: 94–8. [Brovkina A.F., Karmazanovskiy G.G., Yatsenko O.Yu. The volume of the bony orbit and its soft tissues in health. *Meditinskaya Vizualizatsiya (Medical Visualization, Russian journal).* 2006; 6: 94–8 (in Russ.).]
10. Cooper W.C. A method for volume determination of the orbit and its contents by high resolution axial tomography and quantitative digital image analysis. *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.* 1985; 83: 546–609.
11. Яценко О.Ю., Тюрин И.Е. Рентгеноанатомия орбиты. Часть 1. Костная орбита и ее вершина. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2015; 3: 5–11. [Yatsenko O.Yu., Tyurin I.E. Orbital radiographic anatomy. Part 1. The osseous orbit and its apex. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2015; 3: 5–11 (in Russ.).]
12. Яценко О.Ю., Тюрин И.Е. Рентгеноанатомия орбиты. Часть 2. Мякотканое содержимое орбиты. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2016; 97 (1): 5–13. [Yatsenko O.Yu., Tyurin I.E. Orbital radiographic anatomy. Part 2. Orbital soft tissue contents. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2016; 97 (1): 5–13 (in Russ.).]
13. Kapur E., Dilberovic F. Computed tomography review of the osseous structures of the orbital apex. *Bosn. J. Basic. Med. Sci.* 2003; 3 (3): 50–3.
14. Wichmann W., Muller-Forell W. Anatomy of the visual system. *Eur. J. Radiol.* 2004; 49 (1): 28–30.
15. Beden U., Edizer M., Elmali M., Icten N., Gungor I., Sullu Y., Erkan D. Surgical anatomy of the deep lateral orbital wall. *Eur. J. Ophthalmol.* 2007; 17 (3): 281–6.
16. Kamer L., Noser H., Schramm A., Hammer B., Kirsch E. Anatomy-based surgical concepts for individualized orbital decompression surgery in graves orbitopathy. I. Orbital size and geometry. *Ophthalm. Plast. Reconstr. Surg.* 2010; 26 (5): 348–52.
17. Филатова И.А., Тишкова А.П., Берая М.З. Новые аспекты в обследовании пациентов методом компьютерной томографии до и после удаления глазного яблока. В кн.: Сборник научных трудов международного симпозиума «Заболевания, опухоли и травматические повреждения орбиты». М.; 2005: 161–5. [Filatova I.A., Tishkova A.P., Beraya M.Z. New aspects in the examination of patients by computed tomography before and after removal of eyeball. In: A collection of scientific papers of the International symposium “Diseases, tumors, and traumatic injuries of the orbit”. Moscow; 2005; 161–5 (in Russ.).]
18. Furuta M. Measurement of orbital volume by computed tomography: especially on the growth of the orbit. *Jpn. J. Ophthalmol.* 2001; 45 (6): 600–6.
19. Tian S., Nishida Y., Isberg B., Lennerstrand G. MRI measurements of normal extraocular muscles and other orbital structures. *Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2000; 238 (5): 393–404.
20. Ozgen A., Ariyurec M. Normative measurements of orbital structures using CT. *Am. J. Roentgenol.* 1998; 170 (4): 1093–6.
21. Tamboli D.A., Harris M.A., Hogg J.P., Realini T., Sivak-Callcott J.A. Computed tomography. Dimensions of the lacrimal gland in normal caucasian orbits. *Ophthalm. Plast. Reconstr. Surg.* 2011; 27 (6): 453–6.
22. Malhotra A., Minja F.J., Crum A., Burrowes D. Ocular anatomy and cross-sectional imaging of the eye. *Semin. Ultrasound. CT MR.* 2011; 32 (1): 2–13.
23. Aviv R.I., Casselman J. Orbital imaging. Part 1. Normal anatomy. *Clin. Radiol.* 2005; 60 (3): 279–87.
24. Lee J.M., Lee H., Park M., Lee T.E., Lee Y.H., Baek S. The volumetric change of orbital fat with age in Asians. *Ann. Plast. Surg.* 2011; 66 (2): 192–5.
25. Саакян С.В., Вальский В.В., Омарова С.М., Тишкова А.П. Особенности роста и развития орбиты у детей по данным компьютерной томографии. *Вестник офтальмологии.* 2008; 2: 50–2. [Saakyan S.V., Val'skiy V.V., Omarova S.M., Tishkova A.P. Specific features of growth and orbital development in children according to the data in computed tomography. *Vestnik Oftalmologii (The Russian Annals of Ophthalmology).* 2008; 2: 50–2 (in Russ.).]

Поступила 23.11.2016

Принята к печати 07.12.2016

ВТОРИЧНАЯ ГИПЕРТРОФИЧЕСКАЯ ОСТЕОАРТРОПАТИЯ (СИНДРОМ ПЬЕРА МАРИ–БАМБЕРГЕРА)

А.С. Крылов, к. м. н., врач-радиолог;
Я.А. Щипахина, к. м. н., науч. сотр.;
А.В. Фёдорова, врач-рентгенолог;
С.В. Ширяев, д. м. н., заведующий лабораторией радиоизотопной диагностики;
А.Д. Рыжков, д. м. н., ст. науч. сотр.;
Н.В. Кочергина, д. м. н., профессор, вед. науч. сотр.;
М.О. Гончаров, врач-радиолог;
А.С. Неред, к. м. н., науч. сотр.;
А.Б. Блудов, к. м. н., науч. сотр.

Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной радиологии
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии
им. Н.Н. Блохина» Минздрава России,
Каширское ш., 24, Москва, 115478, Российская Федерация

SECONDARY HYPERTROPHIC OSTEOARTHRITIS (PIERRE MARIE–BAMBERGER SYNDROME)

A.S. Krylov, MD, PhD, Radiologist;
Ya.A. Shchipakhina, MD, PhD, Researcher;
A.V. Fedorova, Radiologist;
S.V. Shiryaev, MD, PhD, DSc, Head of Laboratory of Radioisotope Diagnostics;
A.D. Ryzhkov, MD, PhD, DSc, Senior Researcher;
N.V. Kochergina, MD, PhD, DSc, Professor, Leading Researcher;
M.O. Goncharov, Radiologist;
A.S. Nered, MD, PhD, Researcher;
A.B. Bludov, MD, PhD, Researcher

Research Institute of Clinical and Experimental Radiology,
N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia,
Kashirskoe shosse, 24, Moscow, 115478, Russian Federation

Представлен клинический случай вторичной гипертрофической остеоартропатии (синдром Пьера Мари–Бамбергера) у онкологического больного. Проведено комплексное обследование, включающее планарную остеосцинтиграфию скелета, рентгенографию, компьютерную томографию и магнитно-резонансную томографию, по результатам которых установлен основной диагноз: метастазы беспигментной меланомы во внутригрудных лимфоузлах без выявленного первичного очага и подтвержден синдром Пьера Мари–Бамбергера.

Ключевые слова: вторичная гипертрофическая остеоартропатия; синдром Пьера Мари–Бамбергера; остеосцинтиграфия.

Для цитирования: Крылов А.С., Щипахина Я.А., Фёдорова А.В., Ширяев С.В., Рыжков А.Д., Кочергина Н.В., Гончаров М.О., Неред А.С., Блудов А.Б. Вторичная гипертрофическая остеоартропатия (синдром Пьера Мари–Бамбергера). *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 251–5. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-251-255

Для корреспонденции: Крылов Александр Сергеевич; E-mail: krilovas@rambler.ru

This article describes a clinical case of a cancer patient with secondary hypertrophic osteoarthropathy (Pierre Marie–Bamberger syndrome). The patient underwent complex examination including bone scan, X-ray, computed tomography and magnetic resonance imaging. According to the results of the examinations the patient was diagnosed with metastatic amelanotic melanoma in intrathoracic lymph nodes with unknown primary site and the Pierre Marie–Bamberger syndrome was confirmed.

Index terms: secondary hypertrophic osteoarthropathy; Pierre Marie–Bamberger syndrome; bone scan.

For citation: Krylov A.S., Shchipakhina Ya.A., Fedorova A.V., Shiryaev S.V., Ryzhkov A.D., Kochergina N.V., Goncharov M.O., Nered A.S., Bludov A.B. Secondary hypertrophic osteoarthropathy (Pierre Marie–Bamberger syndrome). *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 251–5 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-251-255

For correspondence: Aleksandr S. Krylov; E-mail: krilovas@rambler.ru

Information about authors:

Krylov A.S., orcid.org/0000-0002-8476-7879
Shchipakhina Ya.A., orcid.org/0000-0003-2571-3894
Fedorova A.V., orcid.org/0000-0002-4516-3255
Shiryaev S.V., orcid.org/0000-0002-8485-0584
Ryzhkov A.D., orcid.org/0000-0002-9571-801X
Kochergina N.V., orcid.org/0000-0003-3381-0862
Goncharov M.O., orcid.org/0000-0002-1861-7813
Nered A.S., orcid.org/0000-0003-1070-8646
Bludov A.B., orcid.org/0000-0002-0970-6144

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received January 30, 2017

Accepted March 6, 2017

Введение

Синдром Пьера Мари–Бамбергера, или вторичная гипертрофическая остеоартропатия (ГОАП), – это вторичное поражение костно-суставного аппарата, развивающееся на фоне хронических воспалительных или неопластических процессов. ГОАП характеризуется наличием периостозов длинных трубчатых костей, деформацией ногтевых фаланг по типу «барабанных палочек», болями в костях, артралгиями, припухлостью и тугоподвижностью суставов, специфическими изменениями кожи, а также вегетативными нарушениями (потливостью ладоней и стоп, бледностью кожи, приливами и др.) [1]. Достоверные сведения о частоте синдрома отсутствуют, однако известно, что злокачественные опухоли легких являются причиной до 80% случаев вторичной ГОАП. В случаях успешного лечения основного заболевания отмечается полный регресс симптомов вторичной ГОАП [2].

Клиническое наблюдение

Пациентка К., 34 лет, обратилась в поликлинику с жалобами на потерю веса (15 кг за 6 мес), субфебрилитет, жгучую интенсивную боль в конечностях, их отечность, умеренную боль в крупных суставах, купируемую с помощью нестероидных противовоспалительных средств, онемение в кистях, слабость.

Анамнез. Считает себя больной в течение полугода, когда появились боли в коленных суставах. Обратилась к ревматологу по месту жительства, предположен паранеопластический синдром.

При компьютерной томографии органов грудной клетки установлено увеличение внутригрудных лимфоузлов (рис. 1).

Направлена на консультацию в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина с диагнозом: лимфопролиферативное заболевание (?) с поражением внутригрудных лимфоузлов.

Обследование в НМИЦ. Пациентке проведены сканирование



Рис. 1. Компьютерная томография органов грудной клетки, аксиальная проекция. Выявляется конгломерат увеличенных лимфатических узлов средостения и корня правого легкого (стрелка), который тесно прилежит к передней стенке правого главного бронха



Рис. 2. Остеосцинтиграфия с ^{99m}Tc -фосфотехом. Сцинтиграммы в передней (а) и задней (б) проекциях. Пояснение в тексте

скелета, рентгенография верхних и нижних конечностей, компьютерная томография (КТ) грудной клетки и голеней, магнитно-резонансная томография (МРТ) голеней. Выполнена пункционная аспирационная биопсия увеличенных лимфатических узлов.

При проведении остеосцинтиграфии (рис. 2) отмечается неравномерное интенсивное включение радиофармпрепарата в длинные трубчатые кости верхних и нижних конечностей. Также повышенное накопление индикатора наблюдается в области ло-

паток, левой ключицы, костей таза и крупных суставов. Остеосцинтиграфическая картина требует дифференциальной диагностики между системными остеометаболическими нарушениями и опухолевым поражением скелета.

При рентгенографии левого коленного сустава (рис. 3, а) в дистальном метадиафизе бедренной кости выявляется линейная периостальная реакция по типу непрерывного частично ассимилированного периостоза. Сходная картина наблюдается



Рис. 3. Рентгенограммы левого коленного сустава (а), правого локтевого сустава (б) в прямой и боковой проекциях, лучезапястных суставов в прямой проекции (в). Стрелками отмечена непрерывная частично ассимилированная отслоенная периостальная реакция в дистальном метадиафизе левой бедренной и правой плечевой кости, проксимальном метадиафизе правой локтевой кости и дистальных метадиафизах лучевых костей

на рентгенограмме правого локтевого сустава и лучезапястных суставов (рис. 3, б, в). Деструктивных изменений в костях зон исследования не выявлено.

При КТ голени симметрично на всем протяжении диафизов большеберцовых и малоберцовых костей также выявляется непрерывный частично ассимилированный отслоенный периостоз (рис. 4).

Аналогичная картина визуализируется при МРТ голени (рис. 5).

Пациентке выполнена пункционная аспирационная биопсия увеличенных внутригрудных лимфатических узлов.

По данным гистологического и иммуногистохимического исследований установлено, что опухоль соответствует беспигментной меланоме.

Комплексное заключение: Картина в указанных отделах скелета соответствует изменениям при вторичной гипертрофической



Рис. 4. Компьютерная томография голени. На поперечных срезах (а) на уровне дистальных метадиафизов костей голени симметрично выявляется периостальная реакция по типу частично ассимилированного отслоенного периостоза (стрелки). На 2D-реконструкциях в прямой (б) и боковой (в) проекциях данные изменения определяются на всем протяжении диафизов длинных трубчатых костей

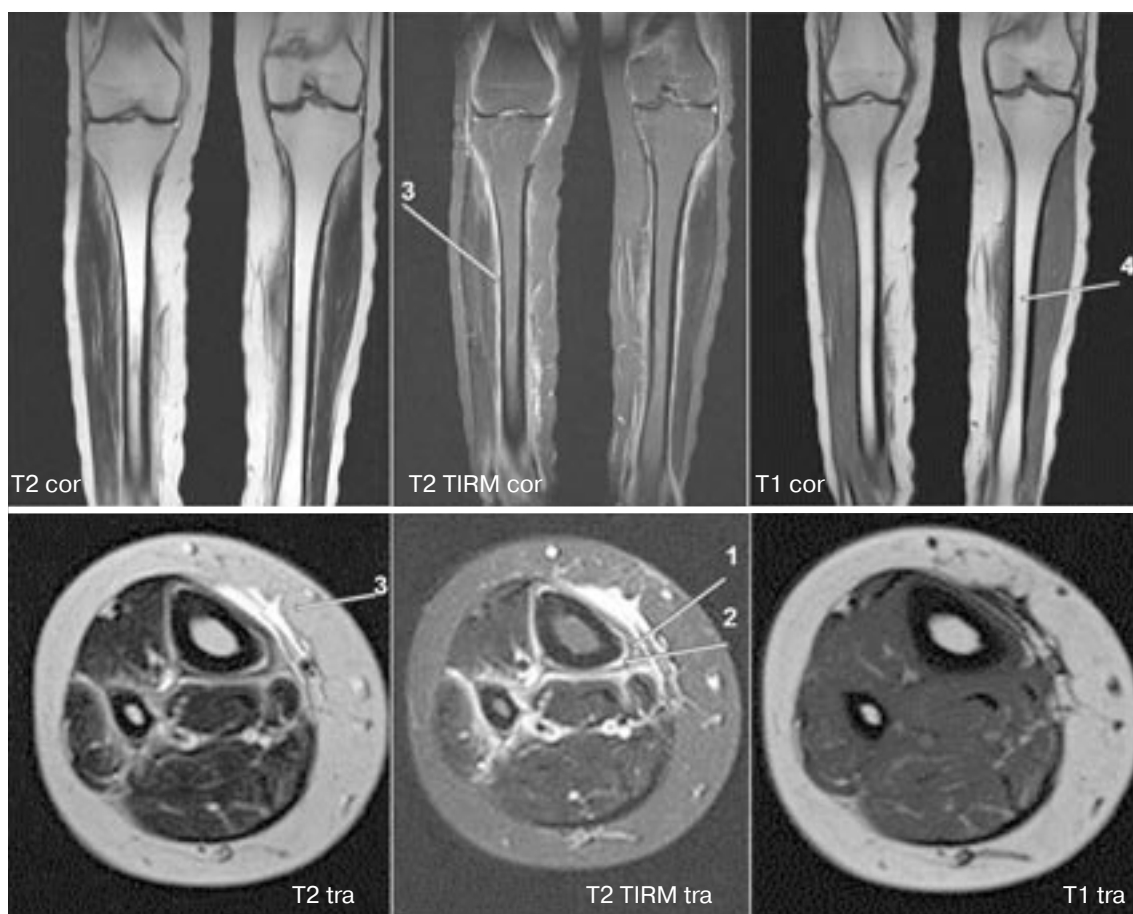


Рис. 5. Магнитно-резонансная томография голеней в корональной (вверху) и аксиальной (внизу) проекциях. Параллельно корковому слою выявляется тонкая полоска ткани с однородным низким МР-сигналом во всех режимах исследования (1), которая отделена от коркового слоя полоской ткани с МР-сигналом по типу жидкости (2). Определяется выраженный отек прилежащих к утолщенному корковому слою мягких тканей (3). Костномозговой канал костей не сужен (4). Признаков деструктивных изменений в костях не наблюдается

остеоартропатии (синдроме Пьера Мари–Бамбергера), развившейся на фоне метастатического поражения беспигментной меланомы лимфатических узлов средостения.

Обсуждение

Вторичная ГОАП (или синдром Пьера Мари–Бамбергера) была впервые описана австрийским врачом Е. Vamberger и французским врачом Р. Marie в 1889 г. Вторичная ГОАП преимущественно развивается на фоне различных заболеваний легких, а также на фоне поражения других органов и систем (средостения, пищеварительного тракта, печени) онкологического и неонкологического генеза [3]. При этом развитие вторичной ГОАП на фоне онкологической патоло-

гии рассматривается как паранеопластический синдром. В 80% случаев причиной вторичной ГОАП является наличие злокачественных опухолей легких, среди которых преобладает немелкоклеточный рак. При этом нужно отметить, что вторичная ГОАП выявляется не менее чем у 5% пациентов с бронхогенным раком [2, 4]. Кроме того, данный процесс развивается при метастатическом поражении легких, лимфоме Ходжкина, мезотелиоме плевры, опухолях тимуса и желудочно-кишечного тракта. Наиболее частыми неонкологическими причинами, приводящими к вторичной ГОАП, являются: хронические респираторные заболевания (хронические пневмонии с бронхоэктазами, абсцессами и гангреной, фиброз легких, сар-

коидоз, легочные формы туберкулеза и др.), хронические заболевания сердца и органов средостения (наиболее часто пороки сердца, сопровождающиеся правосторонней недостаточностью), а также заболевания органов пищеварительного тракта и печени (неспецифический язвенный колит, болезнь Крона, цирроз печени) [1].

Вторичная ГОАП встречается преимущественно у людей средней и старшей возрастных групп, причем наиболее часто – у лиц мужского пола в возрасте 30–75 лет [5].

Нужно отметить, что проявления вторичной ГОАП зачастую могут предшествовать симптомам основного заболевания, на фоне которого она развивается, при этом в случае онкологического

процесса ГОАП отличается быстрым прогрессивным течением (4–7 нед) [1].

Формирование периостальной реакции при ГОАП происходит преимущественно в дистальных отделах длинных трубчатых костей, не сопровождается клинической симптоматикой либо может проявляться наличием болевого синдрома. Процесс всегда носит множественный, системный характер, его отличительной чертой является симметричность поражения [6].

Макроскопически вокруг диафизов длинных трубчатых костей с переходом на метафизы выявляются надкостничные наслоения в виде футляра толщиной 0,1–1 см. Наружная поверхность наслоений обызвестлена, отделена от плотного основного вещества коркового слоя тонкой полоской новообразованной костной ткани, богатой сосудами. При развитии процесса происходит полное обызвествление наслоений, сливающихся с наружной поверхностью коркового слоя. Поверхность наслоений гладкая, реже слегка шероховатая [2].

К ассоциированным состояниям при ГОАП относятся деформации пальцев кистей и стоп по типу «барабанных палочек», ногтей – в виде «часовых стекол», синовит крупных суставов, сопровождающийся выраженным болевым синдромом, а также характерные изменения кожи. К изменениям кожи относят пахидермию (утолщение кожи на лице и/или волосистой части головы), *cutis verticis gyrata* (резкое утолщение кожи и подкожной жировой клетчатки на голове с образованием грубых складок) и птоз век, приводящие к характерному изменению внешности, напоминающему бульдога [6–9].

Синдром Пьера Мари–Бамбергера следует дифференцировать прежде всего от первичной формы ГОАП, при которой более выражены кожные проявления заболевания.

Первичная ГОАП, также известная как пахидермопериостоз, встречается в 3–5% случаев от всех ГОАП [10]. Первичная форма ГОАП является заболеванием с аутосомно-рецессивным типом наследования и встречается у людей в пубертатном возрасте (около 15 лет), при этом прогрессирование процесса прекращается по достижении половой зрелости. Важно отметить, что у некоторых пациентов с первичной ГОАП впоследствии в течение 6–20 лет после установления диагноза развиваются заболевания, являющиеся причиной вторичной ГОАП [11].

Заключение

В повседневной практике врача-радиолога часто встречаются случаи, подобные описанному выше. Степень изменений в длинных трубчатых костях, визуализируемых при остеосцинтиграфии, может варьировать от незначительной до выраженной. У части пациентов на момент проведения остеосцинтиграфии диагноз еще не установлен. При интерпретации таких скинтиграмм приходится проводить дифференциальную диагностику с опухолевым поражением костей (при выраженных изменениях) и системными остеометаболическими нарушениями [7, 12]. В случае выявления таких изменений пациенту дополнительно проводится рентгенологическое исследование зон интереса, а при необходимости КТ или МРТ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Martínez-Lavín M., Matucci-Cerinic M., Jajic I., Pineda C. Hypertrophic osteoarthropathy: consensus on its definition, classification,

assessment and diagnostic criteria. *J. Rheumatol.* 1993; 20 (8): 1386–7.

2. Tsai M.Y., Jo-Ching W., Wu F.Z. Hypertrophic pulmonary osteoarthropathy in a patient with lung cancer. *Intern. Med.* 2014; 53 (23): 2757–8.
3. Armstrong D.J., McCausland E.M., Wright G.D. Hypertrophic pulmonary osteoarthropathy (HPOA) (Pierre Marie–Bamberger syndrome): two cases presenting as acute inflammatory arthritis. Description and review of the literature. *Rheumatol. Int.* 2007; 27 (4): 399–402.
4. Miller R.E., Illing R.O., Whelan J.S. Lung carcinoma with hypertrophic osteoarthropathy in a teenager. *Rare Tumors.* 2011; 3 (1): e8. DOI: 10.4081/rt.2011.e8
5. Nguyen S., Hojjati M. Review of current therapies for secondary hypertrophic pulmonary osteoarthropathy. *Clin. Rheumatol.* 2011; 30 (1): 7–13.
6. Рейнберг С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов. М.: Медицина; 1963. [Reynberg S.A. X-ray diagnosis diseases of bones and joints. Moscow: Meditsina; 1963 (in Russ.).]
7. Munk P.L. Teaching atlas of musculoskeletal imaging. NY; 2008; 694–8.
8. Hartig I., Matveeva I., Braun M.G. If digital clubbing appears bear Marie-Bamberger disease in mind. *Z. Rheumatol.* 2015; 74 (8): 728–30. DOI: 10.1007/s00393-015-1662-6
9. Dogan A.S., Acaroglu G., Dikmetas O. Blepharoptosis and hypertrophic osteoarthropathy: A case report. *Indian J. Ophthalmol.* 2016; 64 (4): 317–9. DOI: 10.4103/0301-4738.182948
10. Poormoghim H., Hosseynian A., Javadi A. Primary hypertrophic osteoarthropathy. *Rheumatol. Int.* 2012; 32 (3): 607–10. DOI: 10.1007/s00296-010-1667-z
11. Martinez-Lavin M., Vargas A., Rivera-Viñas M. Hypertrophic osteoarthropathy: a palindrome with a pathogenic connotation. *Curr. Opin. Rheumatol.* 2008; 20 (1): 88–91. DOI: 10.1097/BOR.0b013e3282f14a5a
12. Elgazzar A.H. (ed.) The pathophysiology basis of nuclear medicine second edition. New York: Springer; 2006.

Поступила 30.01.2017

Принята к печати 06.03.2017

ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИДЕТЕКТОРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ДИВЕРТИКУЛА МЕККЕЛЯ

А.Л. Юдин¹, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии;

Е.А. Юматова^{1, 2}, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и терапии, заведующий рентгенодиагностическим отделением;

А.А. Учеваткин¹, ассистент кафедры лучевой диагностики и терапии;

Р.Х. Азимов², к. м. н., заведующий хирургическим отделением;

Д.С. Мельченко², к. м. н., заведующий патолого-анатомическим отделением

¹ ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России,

ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация;

² ФГБУЗ «Центральная клиническая больница Российской академии наук», Литовский б-р, 1А, Москва, 117593, Российская Федерация

POSSIBILITIES OF MULTIDETECTOR COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF MECKEL DIVERTICULUM

A.L. Yudin¹, MD, PhD, DSc, Professor, Chief of Chair of Diagnostic Radiology and Therapy;

E.A. Yumatova^{1, 2}, MD, PhD, Associate Professor of Chair of Diagnostic Radiology and Therapy, Head of Radiology Department;

A.A. Uchevatkin¹, Assistant Professor of Department of Diagnostic Radiology and Therapy;

R.Kh. Azimov², MD, PhD, Head of Surgery Department;

D.S. Mel'chenko², MD, PhD, Head of Autopsy Department

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia, ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117997, Russian Federation;

² Central Clinical Hospital, Russian Academy of Sciences, Litovskiy bul'var, 1A, Moscow, 117593, Russian Federation

Дивертикул Меккеля – это распространенная врожденная аномалия желудочно-кишечного тракта, проявляющаяся осложнениями, такими как желудочно-кишечное кровотечение, инвагинация, кишечная непроходимость и дивертикулит. Частота встречаемости дивертикула Меккеля и его осложнений весьма вариабельна, и диагноз, как правило, устанавливается интраоперационно. С развитием компьютерной томографии появилась возможность выявлять и дифференцировать заболевание и его осложнения на дооперационном этапе. В данной статье представлены клинические случаи, посвященные дивертикул Меккеля. Всем пациентам перед хирургическим вмешательством проводилось компьютерно-томографическое исследование, по результатам которого были обнаружены дивертикулы, осложненные воспалением и кровотечением.

Ключевые слова: дивертикул Меккеля; дивертикулит; кишечное кровотечение; мультidetекторная компьютерная томография.

Для цитирования: Юдин А.Л., Юматова Е.А., Учеваткин А.А., Азимов Р.Х., Мельченко Д.С. Возможности мультidetекторной компьютерной томографии в диагностике дивертикула Меккеля. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 256–62. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-256-262

Для корреспонденции: Юдин Андрей Леонидович; E-mail: prof_yudin@mail.ru

Meckel's diverticulum is a common congenital anomaly of the gastrointestinal tract, manifested by complications such as gastrointestinal bleeding, intussusception, intestinal obstruction and diverticulitis. Frequency of Meckel diverticulum and its complications is very variable and the diagnosis is usually established intraoperatively. With the development of computed tomography it became possible to identify and differentiate the disease and its complications in the preoperative stage. In this article clinical cases devoted to the diverticulum of Meckel are studied. All patients underwent computed tomography before surgery according to which diverticula complicated by inflammation and bleeding were found.

Index terms: Meckel's diverticulum; diverticulitis; intestinal bleeding; multidetector computed tomography.

For citation: Yudin A.L., Yumatova E.A., Uchevatkin A.A., Azimov R.Kh., Mel'chenko D.S. Possibilities of multidetector computed tomography in the diagnosis of Meckel diverticulum. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 256–62 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-256-262

For correspondence: Andrey L. Yudin; E-mail: prof_yudin@mail.ru

Information about authors:

Yudin A.L., orcid.org/0000-0002-0310-0889

Yumatova E.A., orcid.org/0000-0002-6020-9434

Uchevatkin A.A., orcid.org/0000-0001-7284-4737

Azimov R.Kh., orcid.org/0000-0001-7081-7911

Mel'chenko D.S., orcid.org/0000-0003-1394-8004

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received March 30, 2017

Accepted April 20, 2017

Введение

Дивертикул Меккеля (*diverticulum Meckeli*; по имени J.F. Meckel junior) – врожденный дивертикул подвздошной кишки [1]. Встречается у 2% населения в популяции, чаще у мужчин. Дивертикул Меккеля (ДМ) представляет собой остаток эмбрионального желточно-кишечного протока (*ductus omphaloentericus*), соединяющего у эмбриона подвздошную кишку с пупочным пузырем. Обычно этот проток полностью облитерируется и рассасывается к концу 3-го месяца развития зародыша. При нарушении нормального процесса обратного развития проток полностью или частично остается открытым. Одной из возможных форм такого неполного обратного развития в виде незаращения той части протока, которая прилегает к кишке, и является ДМ [2].

Кровоснабжение дивертикула осуществляется за счет парных желточных сосудов, из которых левая артерия подвергается обратному развитию, а правая – сохраняется как верхняя брыжеечная артерия. Остаток первичной правой желточной артерии отходит непосредственно из брыжеечной артерии и питает ДМ. Кровоснабжение его уникально в том отношении, что сосуды к ДМ проходят над серозной оболочкой подвздошной кишки, заканчиваясь на противобрыжеечном крае у верхушки дивертикула. Однако сосуды, участвующие в кровоснабжении дивертикула, могут продолжаться на брюшную стенку или существовать в виде фиброзного тяжа, соединяя подвздошную кишку с областью пупка. Верхушка дивертикула может оставаться фиксированной к основанию брыжейки подвздошной кишки фиброзными спайками.

Дивертикул Меккеля в виде слепого отростка отходит под разными углами от подвздошной кишки (чаще всего от ее свободно-го края) на расстоянии 10–60 см (~ 2 фута) от места впадения ее

в слепую кишку. Форма ДМ может быть конической, цилиндрической, колбовидной и др.

Длина ДМ колеблется от 2 до 10 см (~ 2 дюйма), а диаметр – от нескольких миллиметров до ширины тонкой кишки и более. Чаще всего ДМ свободно располагается в брюшной полости, причем иногда имеет собственную брыжейку. В ряде случаев он в виде фиброзного тяжа прикрепляется к пупку или к одному из органов брюшной полости либо к брюшной стенке. Как правило, клинически проявляется у детей в возрасте до 2 лет. Описаны случаи нахождения ДМ в паховой или бедренной грыже и даже ущемления его в грыжевом отверстии. Стенка ДМ по строению не отличается от стенки терминального отдела тонкой кишки. В 5% случаев в слизистой оболочке ДМ может находиться ткань поджелудочной железы, до 80% – дистопированные участки слизистой оболочки желудка, способные вырабатывать соляную кислоту (эпителий примерно 1/3 дивертикулов относится к эпителию железистого типа) [3]. Эта гетеротопия нередко приводит к образованию пептической язвы дивертикула и вызывает перфорацию и кровотечение. Некоторые авторы отмечают наличие в ДМ *H. pylori*.

Таким образом, для дивертикула Меккеля характерно «правило двоек»:

- встречается у 2% населения в популяции;
- располагается в 2 футах от илеоцекального угла;
- длиной около 2 дюймов;
- около 2 см в диаметре;
- имеет 2 типа эктопированной ткани;
- соотношение между пациентами мужского и женского пола обычно 2:1;
- чаще всего клинически проявляется до 2 лет жизни;
- чаще осложняется 2 клиническими ситуациями: дивертикулитом (20%) или кишечной непроходимостью (40% случаев).

Летальность при заболеваниях, связанных с наличием ДМ, высокая, что объясняется, как правило, поздней диагностикой [4]. Подавляющее большинство имеющихся публикаций представляют ретроспективный анализ семиотики ДМ после его случайного обнаружения при операции. Однако, по данным литературы, предоперационная диагностика ДМ возможна.

В исследовании M.J. Soltero et al. [5] показано, что при проведении МДКТ данный диагноз может быть заподозрен у 65% больных. При нативной МДКТ дивертикул Меккеля трудно отличить от нормальной тонкой кишки при отсутствии осложнений [6, 7]. Однако можно дифференцировать слепо заканчивающуюся жидкостную структуру, сообщающуюся с просветом тонкой кишки. При проведении МДКТ с внутривенным контрастированием достигается наилучшая визуализация стенок тонкой кишки и, как следствие, более высокая чувствительность в диагностике ДМ [8, 9].

Ультразвуковой метод, несмотря на ограниченную ценность, также нашел свою нишу в диагностике ДМ [10]. При данном виде исследования в правом нижнем квадранте брюшной полости определяется слепо оканчивающаяся жидкостная структура, сообщающаяся с просветом кишки, с типичной кишечной перистальтикой. Зачастую в ДМ визуализируется гиперэхогенная внутренняя (слизистая оболочка) и гипоехогенная наружная стенки [11].

Проведение радионуклидного исследования характеризуется высокой эффективностью в диагностике кровотечения из ДМ, особенно у детей. Сцинтиграфическая картина ДМ определяется захватом ^{99m}Tc -пертехнетата железистыми клетками слизистой. После его внутривенного введения в проекции ДМ формируется небольшая локализованная зона накопления индикатора,

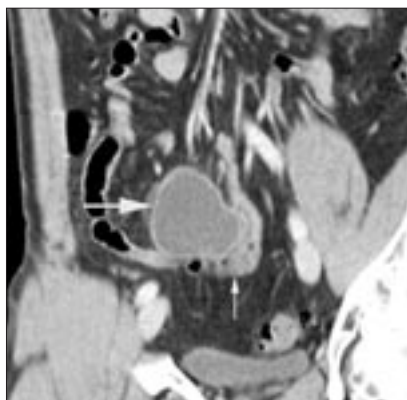


Рис. 1. Мультидетекторная компьютерная томография, кософронтальная реконструкция. Дивертикул Меккеля определяется как полостное мешковидное образование, заполненное жидкостью (толстая стрелка), исходящее из подвздошной кишки (тонкая стрелка)



Рис. 2. Мультидетекторная компьютерная томография, мультифазное сканирование, аксиальные срезы. Нативная (а), артериальная (б), паренхиматозная (в) и отсроченная (г) фазы исследования. Стенка дивертикула интенсивно накапливает контрастный препарат, контрастирование слоистое (симптом «мишени» или «двойного венца»), что является признаком воспаления (толстые стрелки). Конкременты в просвете образования (тонкие стрелки)

которая появляется в то же время, что и в желудке. Специфичность данного метода достигает 95%, а чувствительность – 85% [12].

Дивертикул Меккеля подлежит хирургическому лечению при наличии осложнений, а также, по мнению ряда специалистов [13], при случайном обнаружении его во время операции. Если при подозрении на аппендицит в ходе операции обнаружен интактный червеобразный отросток, необходима ревизия подвздошной кишки примерно на протяжении 100 см от илеоцекального угла [14]. Неопределенность клинической симптоматики заставляет врачей совершенствовать методы лучевой визуализации в дифференциальной диагностике urgentных состояний.

Клиническое наблюдение 1

Пациент Д., 43 лет, поступил в ЦКБ РАН с жалобами на боли в правой подвздошной области.

При поступлении состояние средней тяжести. Кожные покровы и слизистые оболочки чистые, теплые, умеренно влажные. Пульс 72 уд/мин, ритмичный. АД 120/80 мм рт. ст. Живот при пальпации болезненный в пра-

вой подвздошной области, перитонеальные симптомы слабоположительные.

Общий анализ крови: эритроциты $5,3 \times 10^{12}/л$, гемоглобин 159,0 г/л, лейкоциты $10,9 \times 10^9/л$, сегментоядерные 83%, лимфоциты 12%, моноциты 2%, СОЭ 17 мм/ч.

При **УЗИ органов брюшной полости** в правой подвздошной области визуализируется ограниченная жидкостная структура с плотными стенками, с неоднородным содержимым (абсцесс?).

При **МДКТ органов брюшной полости** с внутривенным болюсным введением контрастного препарата (Йопромид 370 – 100,0 мл) определяется слепо заканчивающееся мешковидное выпячивание стенки тонкой кишки размером $5,2 \times 5,2 \times 4,5$ см (рис. 1). Стенки выявленного выпячивания утолщены, интенсивно накапливают контрастный препарат, контрастирование слоистое (симптом «мишени» или «двойного венца»), что является при-

знаком воспаления (рис. 2). В просвете выпячивания многочисленны мелкие конкременты, до 0,8 см. Визуализируются множественные лимфатические узлы в брыжейке тонкой кишки размером до 0,8 см в поперечнике. Заключение: КТ-картина соответствует дивертикулу Меккеля с признаками воспаления.

По срочным показаниям выполнена диагностическая лапароскопия. При ревизии тонкой кишки в 50 см от илеоцекального угла обнаружен дивертикул Меккеля диаметром до 6 см, с перифокальным спаечным процессом. Проведена резекция дивертикула с формированием анастомоза кишки конец в конец.

На патоморфологическое исследование отправлен фрагмент резецированной тонкой кишки с ДМ: полностью ушитый фрагмент полого органа $6,0 \times 3,7 \times 4,0$ см. Поверхность тусклая, серая, частично покрыта мелкодольчатым жиром. На разрезе стенка толщиной до 0,5 см. Внутренняя

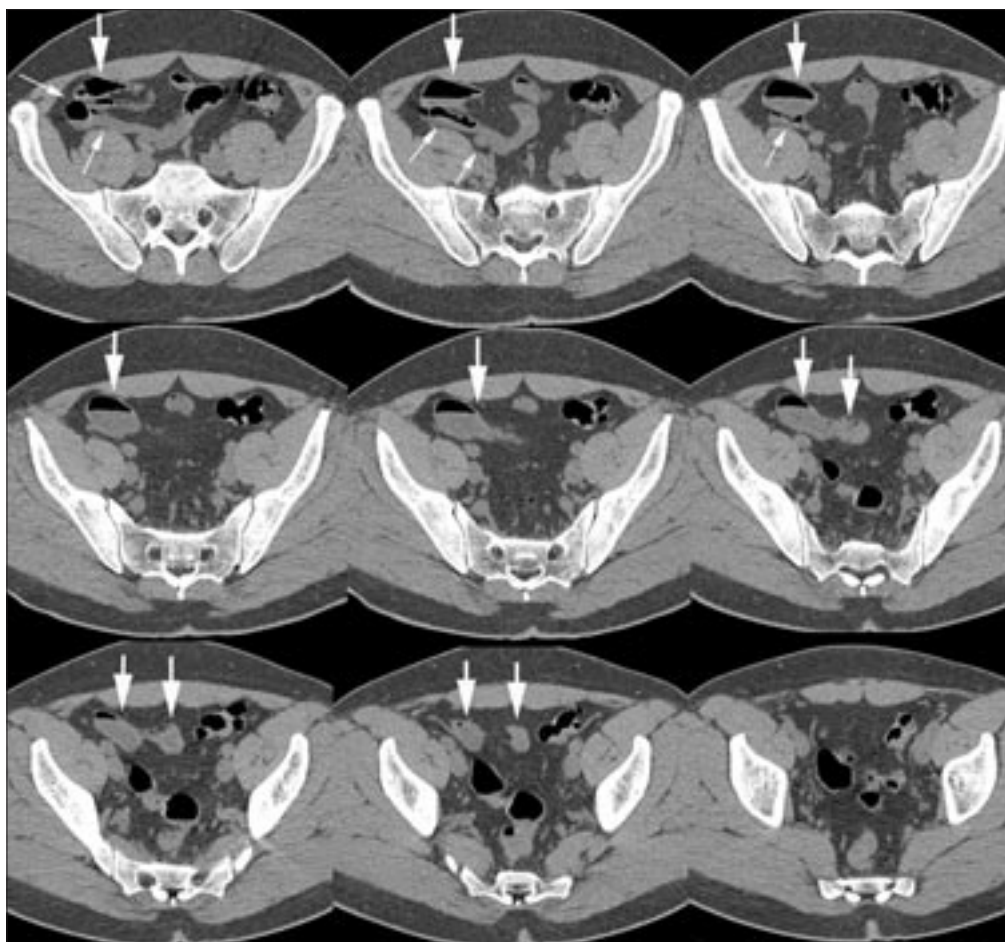


Рис. 3. Мультidetекторная компьютерная томография, серия аксиальных срезов. Нативное исследование. Дивертикул Меккеля (толстые стрелки) визуализируется как слепо заканчивающийся фрагмент подвздошной кишки (тонкие стрелки)

поверхность шероховатая, серая, тускловатая, складчатость отсутствует. Содержимое – полужидкие каловые массы. По данным планового гистологического исследования, фрагменты стенки тонкой кишки с выраженной диффузной лимфоплазмочитарной инфильтрацией, преимущественно в пределах слизистой оболочки и подслизистой основы, с участками десквамации поверхностного эпителия, многочисленными крупными лимфоидными фолликулами с герминативными светлыми центрами в собственной пластинке, очагами атрофии слизистой оболочки. Заключение: морфологическая картина соответствует дивертикулу Меккеля с признаками воспаления.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Рана

зажила первичным натяжением. Пациент выписан в удовлетворительном состоянии.

Клиническое наблюдение 2

Пациент Р., 35 лет, поступил в хирургическое отделение ЦКБ РАН с жалобами на слабость, тахикардию, накануне и в день госпитализации отмечал обильный жидкий стул с примесью темной крови.

При поступлении состояние пациента средней тяжести. Кожные покровы и слизистые оболочки бледные, теплые, умеренно влажные. Пульс 102 уд/мин, ритмичный. АД 110/75 мм рт. ст. Живот при пальпации безболезненный, перитонеальные симптомы отрицательные. При пальцевом ректальном исследовании ампула прямой кишки пустая, на перчатке следы стула с примесью крови.

Общий анализ крови: эритроциты $3,250 \times 10^{12}/л$, гемоглобин 95,0 г/л, лейкоциты $6,8 \times 10^9/л$, СОЭ 11 мм/ч.

При колоноскопии во всех отделах толстой кишки определяется темное геморрагическое содержимое, закрывающее большую часть слизистой, – признаки состоявшегося кишечного кровотечения без установленного источника.

Выполнена МДКТ органов брюшной полости с внутривенным болюсным введением контрастного препарата (Йопромид 370–100,0 мл). В тазовой области определяется слепо заканчивающийся фрагмент кишки размером $8,3 \times 3,1 \times 2,6$ см, с уровнем жидкости (рис. 3). После введения контрастного препарата отмечается его выраженное накопление в стенке образования.

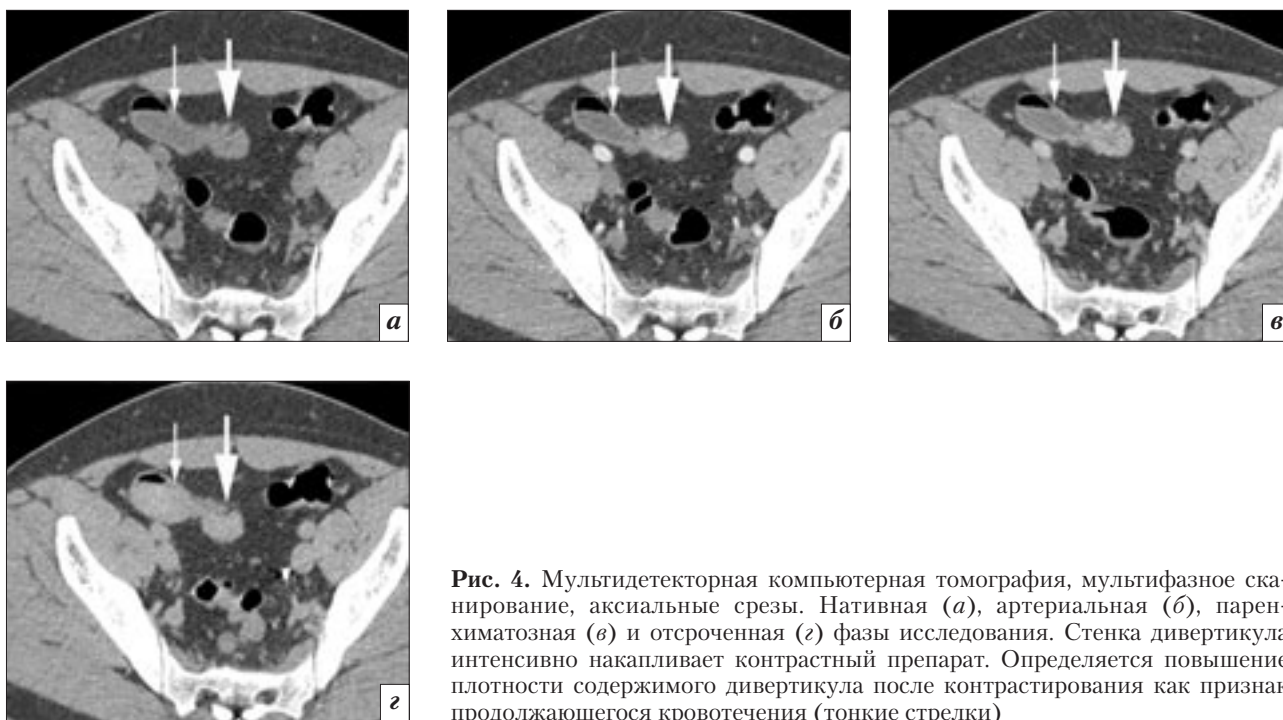


Рис. 4. Мультидетекторная компьютерная томография, мультифазное сканирование, аксиальные срезы. Нативная (а), артериальная (б), паренхиматозная (в) и отсроченная (г) фазы исследования. Стенка дивертикула интенсивно накапливает контрастный препарат. Определяется повышение плотности содержимого дивертикула после контрастирования как признак продолжающегося кровотечения (тонкие стрелки)

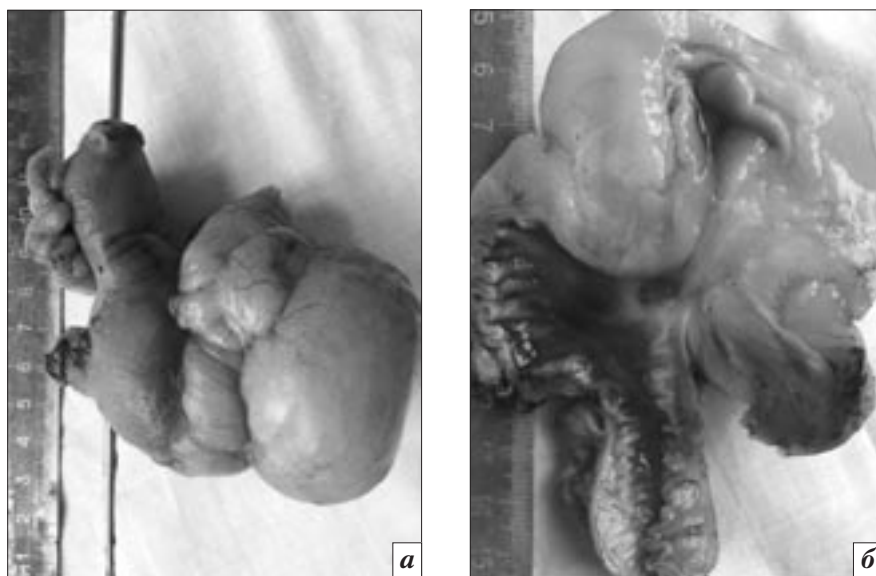


Рис. 5. Морфологический материал – дивертикул Меккеля: а – фрагмент тонкой кишки с гладкой поверхностью серо-синюшного цвета, на противобрыжеечном крае которого определяется мягкоэластичное образование с крупнодольчатой поверхностью желтого цвета; б – на разрезе в толще данного образования определяется мешковидное выпячивание стенки кишки

Изменение плотности жидкости в проксимальных отделах выявленного выпячивания может свидетельствовать о продолжающемся кровотечении. Заключение: дивертикул Меккеля с признаками воспаления и продолжающегося кровотечения (рис. 4).

По срочным показаниям выполнена диагностическая лапароскопия. При ревизии тонкой кишки в 40 см от илеоцекального угла обнаружен дивертикул Меккеля. Проведена резек-

ция дивертикула с формированием анастомоза кишки конец в конец.

На патоморфологическое исследование отправлен фрагмент резецированной тонкой кишки с ДМ протяженностью 8 см, диаметром до 2,5 см, с гладкой поверхностью серо-синюшного цвета, на противобрыжеечном крае которого определяется мягкоэластичное образование с крупнодольчатой поверхностью желтого цвета. На разрезе в толще дан-

ного образования определяется мешковидное выпячивание стенки кишки. Слизистая оболочка гладкая, серо-розового цвета, полнокровная, с единичными продольно ориентированными складками, множественными эрозиями. Следы крови в просвете. Стенка тонкой кишки толщиной до 0,6 см, слои дифференцированы. Слизистая оболочка блестящая, серо-розового цвета, с хорошо выраженными циркулярными складками (рис. 5).

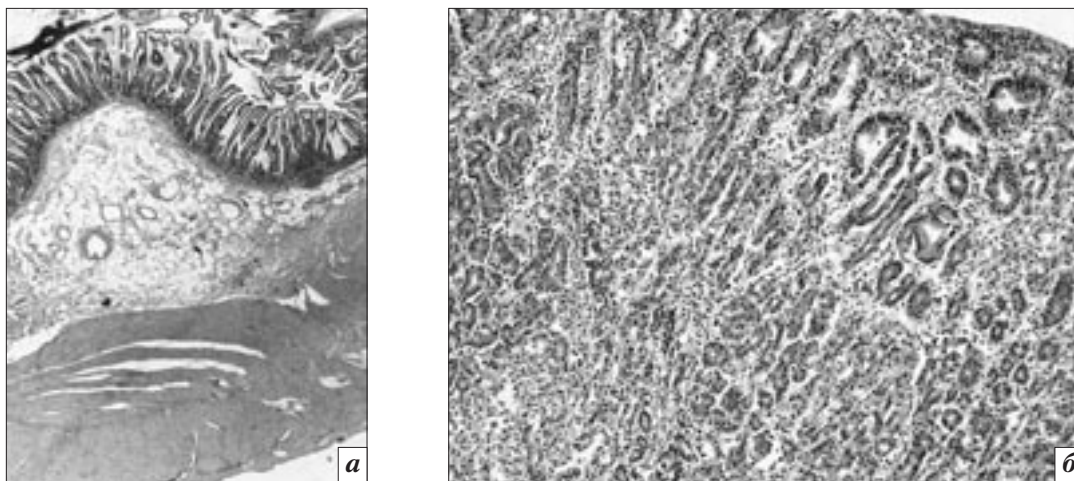


Рис. 6. Результаты гистологического исследования. Стенка дивертикула представлена основными слоями стенки полого органа желудочно-кишечного тракта (а), мышечная оболочка выражена неравномерно, местами истончена, с хаотичным расположением мышечных волокон. Слизистая оболочка на большем протяжении соответствует слизистой оболочке желудка, содержит железы фундального и антрального типов, собственная пластинка с диффузной слабой лимфоплазмоцитарной инфильтрацией, небольшой примесью эозинофилов, формированием лимфоидных скоплений (б)

По данным планового гистологического исследования, фрагменты стенки тонкой кишки обычного гистологического строения. Стенка дивертикула представлена основными слоями стенки полого органа желудочно-кишечного тракта. Мышечная оболочка выражена неравномерно, местами истончена, с хаотичным расположением мышечных волокон (рис. 6, а). Слизистая оболочка на большем протяжении соответствует слизистой оболочке желудка, содержит железы фундального и антрального типов, собственная пластинка с диффузной слабой лимфоплазмоцитарной инфильтрацией, небольшой примесью эозинофилов, формированием отдельных лимфоидных скоплений (рис. 6, б). На отдельных участках строение слизистой оболочки соответствует таковой в толстой кишке, определяются крипты с панетовскими клетками в глубоких отделах. К наружной оболочке образования прилежит зрелая жировая ткань обычного гистологического строения, с наличием сосудисто-нервных стволов. Заключение: морфологическая картина соответствует дивертикулу Меккеля.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Рана зажила первичным натяжением. Пациент выписан в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение

Дивертикул Меккеля проявляется клинически при развитии осложнений, которые и являются причиной назначения лучевых методов исследования. К осложнениям ДМ относятся: острый дивертикулит, кишечная непроходимость, изъязвление, кровотечение, перфорация, перекрут, грыжа и опухолевое поражение (аденокарцинома, миома, лимфома). Возможно сочетание нескольких патологических процессов. Среди предрасполагающих к развитию осложнений факторов можно выделить детский возраст, дивертикулы «с узким горлышком», размер более 2 см и наличие дистопированных участков слизистой оболочки желудка.

Наиболее частым осложнением ДМ считается дивертикулит [5, 8]. Как показано в наблюдении 1, при остром дивертикулите клинические проявления настолько сходны с симптомами

острого аппендицита, что дифференциальный диагноз до операции без лучевой диагностики практически невозможен. По результатам УЗИ выставлено ошибочное заключение. При наличии признаков острого патологического процесса в животе предпочтительным методом диагностики является МДКТ с внутривенным контрастированием. По результатам проведенного исследования удалось поставить правильный диагноз на дооперационном этапе, определиться с тактикой и объемом хирургического лечения.

Самым грозным осложнением ДМ следует считать кровотечение [15], которые могут быть сильными, угрожающими жизни, но могут быть незначительными, приводящими к хронической постгеморрагической железодефицитной анемии. Клинический случай 2 демонстрирует ограниченность эндоскопических методов диагностики в обнаружении источника желудочно-кишечного кровотечения из-за особенностей анатомического расположения дивертикула Меккеля. МДКТ, являясь доступным неинвазивным методом, позволяет с большой долей вероятности

в кратчайшие сроки поставить правильный диагноз еще на дооперационном этапе.

Заключение

Данные литературы свидетельствуют о том, что ДМ диагностируется в основном на стадии осложнений, что иллюстрируют и приведенные клинические случаи. Проблемы в диагностике осложнений ДМ обусловлены отсутствием специфической клинической симптоматики, особенностями локализации изменений и низкой информативностью применяемых методов инструментальных исследований. Однако МДКТ с внутривенным контрастированием имеет высокую диагностическую ценность, позволяя выявить ДМ как первоначальную причину более в животе и источник различных осложнений, в том числе требующих срочных хирургических вмешательств.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Юринова С.В., Бурдина Е.Г., Вахлаков А.Н., Полубояринова Л.Т., Кудинова Н.А., Грибунов Ю.П., Минушкин О.Н. Редкие и трудно диагностируемые болезни тонкой кишки в амбулаторной практике терапевта. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2011; 3: 67–72. [Yurina S.V., Burdina E.G., Vakhlov A.N., Poluboyarinova L.T., Kudina N.A., Gribunov Yu.P., Minushkin O.N. Rare and difficult to diagnose diseases of the small intestine in outpatient therapist. *Kremlevskaya Meditsina. Klinicheskiy Vestnik (Kremlin Medicine. Clinical Gazette. Russian journal)*. 2011; 3: 67–72 (in Russ.).]
2. Fu-Run Z., Liu-Ye H., Hai-Zhu X. Meckel's diverticulum bleeding diagnosed with magnetic resonance enterography: a case report. *World J. Gastroenterol.* 2013; 19 (17): 2727–30. DOI: 10.3748/wjg.v19.i17.2727
3. Levy A.D., Hobbs C.M. From the archives of the AFIP Meckel diverticulum: radiologic features with pathologic correlation. *Radiographics*. 2004; 24: 565–87. DOI: 10.1148/rgr.242035187
4. Masatoshi O., Hideyuki H., Soichi Y., Yuzo A. Arterial embolization to control life-threatening hemorrhage from a Meckel's diverticulum. *AJR*. 1990; 154: 1257–8. DOI: 10.2214/ajr.154.6.2110739
5. Soltero M.J., Bill A.H. The natural history of Meckel's diverticulum and its relation to incidental removal: a study of 202 cases of diseased Meckel's diverticulum found in King County, Washington, over a fifteen year period. *Am. J. Surg.* 1976; 132: 168–73. DOI: 10.1016/0002-9610(76)90043-x
6. Leschka S., Alkadhi H., Wildermuth S., Marincek B. Multidetector computed tomography of acute abdomen. *Eur. Radiol.* 2005; 15: 2435–47. DOI: 10.1007/s00330-005-2897-4
7. Kawamoto S., Raman S.P., Blackford A., Hruban R.H., Fishman E.K. CT detection of symptomatic and asymptomatic Meckel diverticulum. *AJR*. 2015; 205: 281–91. DOI: 10.2214/ajr.14.13898
8. Chew F.S., Zambuto D.A. Meckel's diverticulum. *AJR*. 1992; 159: 982. DOI: 10.2214/ajr.159.5.1414811
9. Elsayes K.M., Menias C.O., Harvin H.J., Francis I.R. Computed tomography of complicated Meckel's diverticulum in adults: a pictorial review. *AJR*. 2007; 189: 81–8. DOI: 10.2214/ajr.06.1257
10. Bennett G.L., Birnbaum B.A., Balthazar E.J. CT of Meckel's diverticulitis in 11 patients. *AJR*. 2004; 182: 625–9. DOI: 10.2214/ajr.182.3.1820625
11. Russ P.D., Friefeld G.D., Nauck C.J. et al. Infarcted Meckel diverticulum detected by CT. *AJR*. 1988; 150: 299–300. DOI: 10.2214/ajr.150.2.299
12. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И. (ред.) Национальное руководство по радионуклидной диагностике. Томск: STT; 2010. [Lishmanov Yu.B., Chernov V.I. (eds) National leadership on nuclear medicine. Tomsk: STT; 2010 (in Russ.).]
13. Maglinte D.D., Elmore M.F., Isenberg M., Dolan P.A. Meckel diverticulum: radiologic demonstration by enteroclysis. *AJR*. 1980; 134: 925–32. DOI: 10.2214/ajr.134.5.925
14. Miele V., De Cicco M.L., Andreoli C., Buffa V., Adami L., David V. US and CT findings in complicated Meckel diverticulum. *Radiol. Med. (Torino)*. 2001; 101: 230–4.
15. Alexandra P., Pascal G., Becker C.D., Philippe M., Poletti P. Computed tomography of complicated Meckel's diverticulum in adults: a pictorial review. *Insights Imaging*. 2010; 1: 53–61. DOI: 10.1007/s13244-010-0017-8

Поступила 30.03.2017

Принята к печати 20.04.2017

РАЗДВОЕНИЕ МЫШЕЛКОВОГО ОТРОСТКА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

С.Л. Кабак, д. м. н., профессор, гл. науч. сотр.;

Н.А. Саврасова, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии;

Ю.М. Мельниченко, к. м. н., доцент кафедры морфологии человека;

Н.В. Журавлева, старший преподаватель кафедры морфологии человека

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
пр-т Дзержинского, 83, Минск, 220116, Республика Беларусь

BIFID MANDIBULAR CONDYLE

S.L. Kabak, MD, PhD, DSc, Professor, Chief Researcher;

N.A. Savrasova, MD, PhD, Associate Professor of Radiation Examination and Radiation Therapy Chair;

Yu.M. Mel'nichenko, MD, PhD, Associate Professor of Chair of Human Morphology;

N.V. Zhuravleva, Senior Lecturer of Department of Human Morphology

Belarusian State Medical University,
prospekt Dzerzhinskogo, 83, Minsk, 220116, Republic of Belarus

Представлено описание случаев раздвоения мышелкового отростка нижней челюсти, которые были выявлены с помощью многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) и конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) у пациентов без клинических симптомов поражения височно-нижнечелюстного сустава. Данная патология является редкой формой эмбриопатии и развивается как следствие нарушения морфогенеза мышелкового хряща. По рентгенологическим проявлениям она схожа с деформацией головки нижней челюсти, которая происходит в результате прогрессирования воспалительного процесса и ремоделирования суставных поверхностей.

Методы конусно-лучевой и спиральной компьютерной томографии обладают достаточной разрешающей способностью для дифференциальной диагностики врожденной и приобретенной патологии височно-нижнечелюстного сустава.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав; раздвоение мышелкового отростка; многосрезовая компьютерная томография; конусно-лучевая компьютерная томография.

Для цитирования: Кабак С.Л., Саврасова Н.А., Мельниченко Ю.М., Журавлева Н.В. Раздвоение мышелкового отростка нижней челюсти. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 263–8. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-263-268

Для корреспонденции: Мельниченко Юлия Михайловна; E-mail: mjm1980@yandex.ru

This article describes the clinical cases of doubling of the mandibular condylar process, which is detected by means of multislice spiral computed tomography (MSCT) and cone beam computed tomography (CBCT). The patients had no clinical symptoms of temporomandibular joint disorders. This pathology of the temporomandibular joint is a rare form of embryopathy and develops as a consequence of a violation of the mandibular condylar cartilage morphogenesis. Its radiographic signs are similar to the deformation of the mandibular condyle, which is a result of the progression of inflammation and remodeling of joint surfaces. Methods of CBCT and MSCT possess sufficient resolution for the differential diagnosis of congenital and acquired pathology of the temporomandibular joint.

Index terms: temporomandibular joint; bifid mandibular condyle; multislice spiral computed tomography; cone beam computed tomography.

For citation: Kabak S.L., Savrasova N.A., Mel'nichenko Yu.M., Zhuravleva N.V. Bifid mandibular condyle. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 263–8 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-263-268

For correspondence: Yuliya M. Mel'nichenko; E-mail: mjm1980@yandex.ru

Information about authors:

Kabak S.L., orcid.org/0000-0002-7173-1818

Savrasova N.A., orcid.org/0000-0003-1297-0226

Mel'nichenko Yu.M., orcid.org/0000-0002-8742-6973

Zhuravleva N.V., orcid.org/0000-0002-5291-5427

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received November 21, 2016

Accepted December 7, 2016

Введение

Впервые раздвоенный мышелковый отросток нижней челюсти (англ. bifid mandibular condyle, BMC) был обнаружен и описан в 1941 г. A. Hrdlicka [1] на 21 костном препарате (18 случаев одно-

стороннего и 3 случая двухстороннего раздвоения) из коллекции черепов Smithsonian Institution (Washington, DC), а в 1948 г. M.B. Schier [2] первым описал его у живого человека. Впоследствии вплоть до 2008 г. в лите-

ратуре появилось упоминание о 79 подобных случаях, а за следующие два года было описано еще 69 пациентов с раздвоенным мышелковым отростком [3, 4]. В 2016 г. M.F. Villaca-Carvalho et al. [5] опубликовали статью,

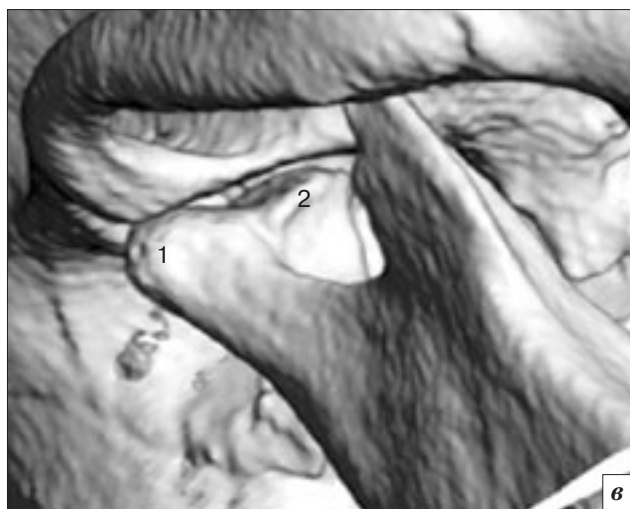


Рис. 1. МСКТ пациента М., 1956 г.р.: *а, б* – фронтальный и аксиальный срезы; *в* – трехмерная реконструкция правой ветви нижней челюсти: 1 – латеральный, 2 – медиальный фрагменты головки. Раздвоение правого мыщелкового отростка: вырезка между двумя фрагментами головки нижней челюсти контурируется по ее верхней, передней и задней поверхностям

в которой упоминается сразу 80 случаев раздвоенных мыщелковых отростков, выявленных с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ).

Информация о распространённости раздвоенного мыщелкового отростка в России и странах СНГ отсутствует. Нам удалось обнаружить только одну публикацию, в которой описана подобная аномалия височно-нижнечелюстного сустава [6]. При этом авторы акцентируют внимание на том, что это произошло впервые за 23-летний период диагностики и лечения пациентов с патологией данного сочленения.

Цель настоящей публикации – представить описание клинических случаев раздвоения мыщелкового отростка нижней челюсти, выявленных с помощью многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) и конусно-лучевой компьютерной томографии.

Материал и методы

Проведен анализ томограмм пациентов, обратившихся в медицинские центры г. Минска за

период с января по сентябрь 2016 г. Основанием для обращения явились патологические процессы в челюстно-лицевой области. Исследования выполнялись на аппаратах ProMax® 3D Max (Planmeca Oy, Helsinki, Finland) в программе Planmeca Romexis и Galileos GAX5 (Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany) в программе GALILEOS Viewer, а также на спиральном мультисрезовом сканере SIEMENS SOMATOM EMOTION 16 (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany) в программе Syngo 2006G.

Результаты

Приводим описание изменений суставных поверхностей височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), выявленных с помощью МСКТ и КЛКТ.

Пациенты М. и Г., 1956 и 1980 г.р., мужского пола, обратились за медицинской помощью по поводу патологических процессов в шейном отделе позвоночника и околоносовых пазухах. Жалоб, свидетельствующих о поражении ВНЧС, не предъяв-

ляли. Сведения о его травмах или иных поражениях в анамнезе отсутствовали.

Лучевая визуализация посредством МСКТ в обоих случаях выявила изменения в структуре одного из ВНЧС. Головка нижней челюсти, традиционно имеющая во фронтальной плоскости форму эллипса с ровным верхним контуром, выглядела как двуглавый валик (рис. 1, *а*). Ее верхний контур представлял собой волнистую линию с вырезкой в средней трети. На фронтальных томограммах в мелкосетчатом губчатом костном веществе головки выявлялась линейная тень, соответствующая по плотности и структуре компактной костной ткани, которая делила головку на две неравные части: большую латеральную и меньшую медиальную (рис. 1, *б*). На 3D-реконструкции вырезка визуализировалась как борозда (рис. 1, *в*), которая продолжалась на вентральную и дорсальную поверхность головки. При этом глубина борозды сзади была больше, чем спереди.

У пациента М. линейная тень внутри головки прослеживалась

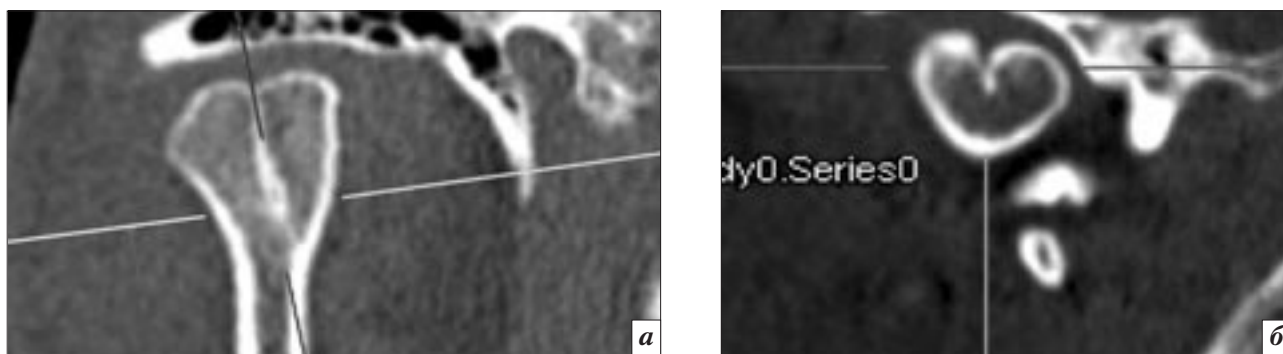


Рис. 2. МСКТ, фронтальные сканы. Варианты протяженности разделительной пластинки в правой головке нижней челюсти: *а* – пациент Г.; *б* – пациент М.

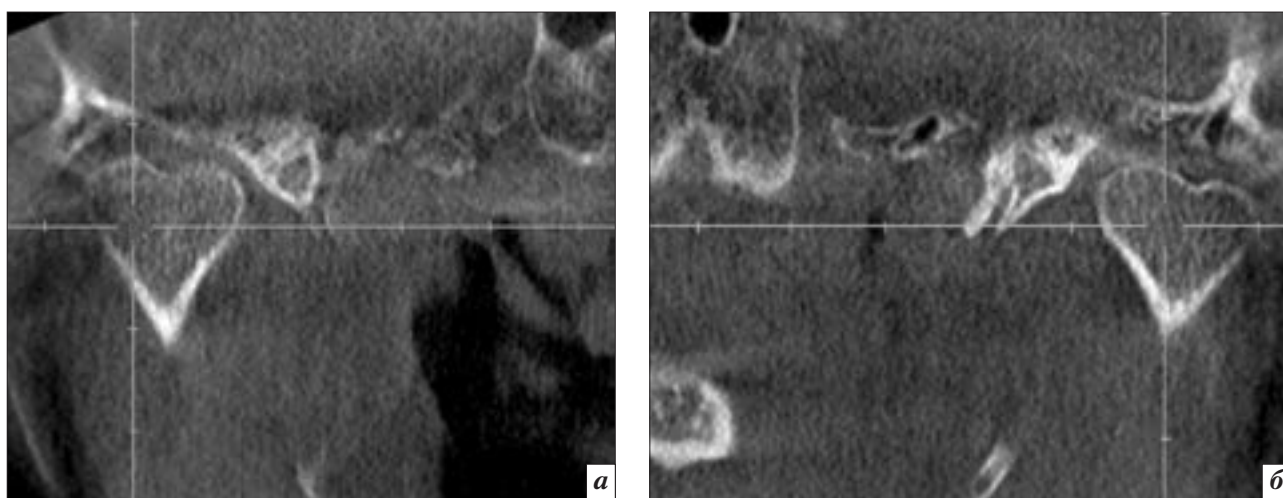


Рис. 3. КЛКТ пациентки А., фронтальные срезы. Головка нижней челюсти с двумя пологими вершинами латерально-медиальной ориентации: *а* – правая сторона; *б* – левая сторона

на небольшом протяжении, а у пациента Г. достигала уровня перехода головки в шейку (рис. 2). У пациента Г. тень имела линейную толщину и форму только на коронарных срезах, на аксиальных сканах она простиралась от вентральной до дорсальной поверхности головки, то есть в трехмерном пространстве представляла собой тонкую разделительную пластину из компактной костной ткани, которая книзу сужалась до точечного размера.

У пациента М. форма суставной поверхности нижнечелюстной ямки височной кости была одинаковой с двух сторон. У пациента Г. на фронтальных томограммах выявлена асимметрия суставных поверхностей. Слева дно нижнечелюстной ямки представляло собой вогнутый пла-

вный контур. Справа (на стороне раздвоенного мыщелкового отростка) в дистальных отделах ямки имелось слабовыраженное возвышение, положение которого соответствовало вырезке на суставной головке. В вентральном отделе дна ямки было вогнутой формы, с ровным контуром.

Пациентка А., 1990 г.р., обследована методом КЛКТ в связи с планированием комплексного стоматологического лечения. Жалобы со стороны ВНЧС отсутствовали. В обоих суставах выявлена суставная головка необычной формы – с двумя пологими вершинами латерально-медиальной ориентации (рис. 3). Вырезка по верхнему контуру головок была неглубокой, структура головок в целом соответствовала рентгенологической норме. Во фронтальной проекции об-

наружено, что дно суставной ямки представляет собой впадину с пологим возвышением на уровне вырезки на верхней поверхности суставной головки.

Пациентка О., 1990 г.р., обследована в связи с жалобами на тянущие боли в области обоих височно-нижнечелюстных суставов, выраженное затруднение при открывании рта, которые беспокоят с детства. При КЛКТ по фронтальным и сагиттальным срезам с двух сторон создавалось впечатление о наличии двух «головок», разделенных на протяжении верхних двух третей глубокой вырезкой (рис. 4). На аксиальных срезах и 3D-реконструкции была выявлена деформированная головка нижней челюсти воронкообразной формы с углублением в центре. Одновременно наблюдалась деформация

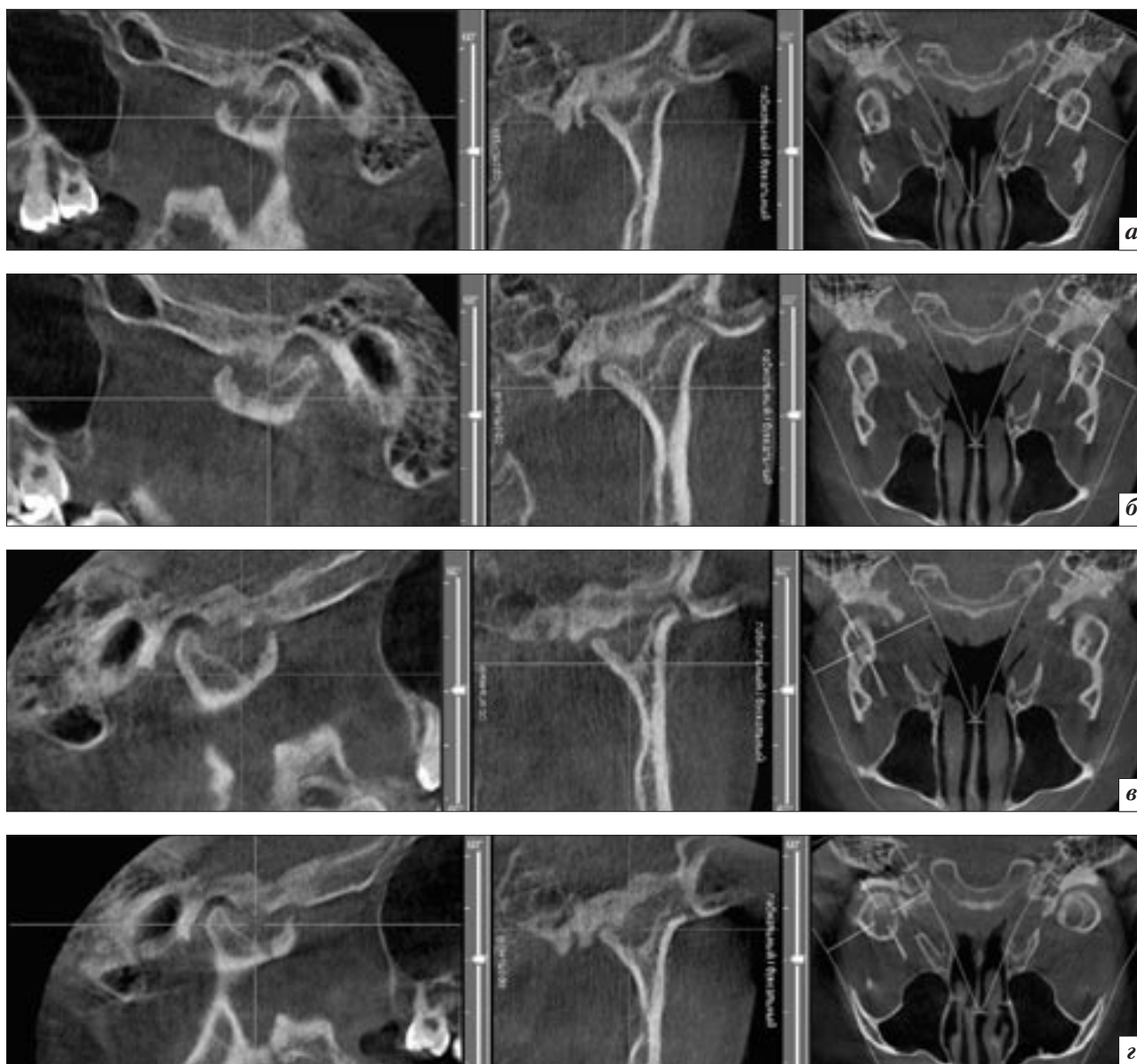


Рис. 4. КЛКТ пациентки О., сагиттальные (слева), фронтальные (в центре) и аксиальные (справа) срезы. Визуализируется головка нижней челюсти воронкообразной формы. Левый ВНЧС: *а* – в положении привычной окклюзии; *б* – с максимально открытым ртом. Правый ВНЧС: *в* – в положении привычной окклюзии; *г* – с максимально открытым ртом

суставных бугорков в виде уплотнения с неровными контурами. Суставная щель прослеживалась в виде неравномерной слабоинтенсивной полосы просветления. При функциональной пробе движения в обоих суставах были минимальными и составляли 1–2 мм.

Описанная деформация головок и суставных бугорков является следствием перенесенного в прошлом воспалительного процесса, который сопровождался обширными деструктивными изменениями в головке нижней

челюсти и суставном бугорке, а в фазе исхода – репаративной перестройкой с ремоделированием суставных поверхностей обоих височно-нижнечелюстных суставов. В итоге сформировался фиброзный анкилоз и произошли дегенеративно-дистрофические изменения суставных поверхностей.

Обсуждение

Раздвоение мышечкового отростка нижней челюсти нами обнаружено у 2 мужчин и 1 женщи-

ны в возрасте 26–60 лет. В двух случаях аномалия локализовалась с одной стороны, в одном наблюдении – с обеих сторон. Для сравнения приведено описание случая деформации головки нижней челюсти, напоминающей раздвоение мышечкового отростка.

По данным литературы, частота встречаемости раздвоенного мышечкового отростка колеблется от 0,018% [7] до 26,67% [5] в возрастном диапазоне от 5 лет до 71 года [8].

По мнению одних исследователей, гендерные и возрастные различия в распространенности данной аномалии отсутствуют [9, 10]. Другие авторы отмечают колебание соотношения женщин и мужчин в диапазоне 1,1–3,5 [7, 8].

Раздвоение мышечкового отростка чаще происходит с одной стороны [7, 8, 11]. Соотношение частоты встречаемости одностороннего и билатерального поражения, по данным R. Gunduz et al., составляет 4,4:1 [10]. В литературе описана различная степень выраженности раздвоения отростка. Аномалия может проявляться наличием на головке нижней челюсти борозды различной глубины [1] или существованием двух головок, имеющих самостоятельные шейки [3]. Дополнительная часть (головки) обычно располагается спереди или с медиальной стороны от основной части [12]. «Истинным» раздвоением J. Dennison et al. предлагают признавать только случаи наличия переднезадней ориентации двух частей головки [13]. J. Lopez-Lopez et al., напротив, полагают, что ориентация дополнительной головки в пространстве не должна учитываться как существенный критерий данной категории аномалий мышечкового отростка [14].

Чаще всего раздвоенный мышечковый отросток обнаруживается как случайная находка на панорамных рентгеновских снимках и обычно не сопровождается симптоматикой нарушения функции височно-нижнечелюстного сустава. Об этом свидетельствуют данные В.Н. Cho, Y.H. Jung [9], которые на выборке, включавшей 7424 пациента с симптомами и без симптомов поражения ВНЧС, не обнаружили статистически достоверной разницы частоты встречаемости клинической симптоматики у пациентов с раздвоенным мышечковым отростком и в контрольной группе.

В ряде случаев раздвоение мышечкового отростка сопро-

вождается болью и припухлостью в области височно-нижнечелюстного сустава, небольшой боковой девиацией нижней челюсти, ограничением объема ее движений (анкилоз) и асимметрией лица [15, 16].

По нашим наблюдениям клиническая симптоматика поражения височно-нижнечелюстного сустава отсутствовала у трех пациентов. Один человек отмечал боль в области суставов и затруднение при открывании рта, что свидетельствует о наличии анкилоза, который был подтвержден рентгенологически.

Этиология раздвоенного мышечка до конца не выяснена. Среди возможных причин, ведущих к формированию данной патологии в пренатальном онтогенезе, называют эндокринную патологию, действие тератогенов, включая радиацию, дефицит питательных веществ и инфекционные заболевания [17]. По мнению К.К. Gundlach et al., дополнительная головка нижней челюсти является формой эмбриопатии, вызванной сочетанным действием тератогенных факторов и неправильным направлением тяги мышечных волокон из-за аномального прикрепления жевательных мышц [18].

Согласно сосудистой гипотезе Н.Ж. Blackwood, у зародышей человека на ранних стадиях развития в мышечковом хряще нижней челюсти существуют «фиброзные перегородки», содержащие кровеносные сосуды [19]. Позднее он назвал эти перегородки сосудистыми каналами. Сосудистые каналы пронизывают всю толщу мышечкового хряща, предназначены для доставки питательных веществ во время его интенсивного роста и являются транзитными структурами. Чрезмерная выраженность каналов, по мнению автора, может служить предпосылкой для расщепления мышечкового отростка в местах их расположения. Подтверждением сосудистой теории служат данные, полученные

М.С. Rusu et al. [20]. У 2 из 22 исследованных плодов человека III триместра беременности они обнаружили внутри мышечкового хряща V-образный дефект, который формируется за счет сосудистых каналов, не подвергшихся своевременной инволюции. По мнению авторов, центральный дефект мышечкового хряща – аномалия развития, которая является субстратом для расщепления мышечка в результате перинатальной травмы. При таком нарушении эмбрионального развития раздвоение мышечкового отростка нижней челюсти происходит во фронтальной плоскости. Имеет место латерально-медиальная ориентация головок, каждая из которых сочленяется с собственной суставной ямкой [17].

Мы полагаем, что описанные нами три случая раздвоения головки нижней челюсти являются врожденной аномалией развития. Об этом свидетельствует неизмененная структура костных элементов ВНЧС и ориентация головок, которая определяется при КЛКТ на фронтальных срезах. Кроме того, внутри головки может присутствовать разделительная пластина различной протяженности. Ее расположение совпадает с местом локализации одного из сосудистых каналов, сохранение которого ведет к формированию к концу плодного периода развития центрального дефекта мышечкового хряща, который в дальнейшем замещается компактным костным веществом.

Наряду с истинным раздвоением мышечкового отростка при КЛКТ может наблюдаться его мнимое раздвоение. Примером может служить пациентка О. Впечатление о наличии двух фрагментов головки нижней челюсти при КЛКТ на фронтальных и сагиттальных срезах создается из-за ее грубой деформации, которая произошла в результате прогрессирования воспалительного процесса и ремоделирования суставных поверхностей.

Заключение

Несмотря на частое отсутствие у пациентов с раздвоенным мышечковым отростком клинической симптоматики, рентгенологи и стоматологи должны быть осведомлены об этой аномалии и должны понимать ее роль в выявляемых морфологических изменениях височно-нижнечелюстного сустава. Не исключено, что односторонняя аномалия впоследствии может привести к возникновению дисфункции сустава или более раннему развитию возрастного ремоделирования и остеоартроза. Методы конусно-лучевой компьютерной томографии и спиральной томографии обладают достаточной разрешающей способностью для выявления добавочной головки нижней челюсти.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература / References

1. Hrdlicka A. Lower jaw: double condyles. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1941; 28: 75–89.
2. Schier M.B. The temporomandibular joint: a consideration of its probable functional and dysfunctional sequelae and report condyle double head in a young person. *Dent. Items Interest.* 1948; 70: 779–87.
3. Tanner J.M., Friedlander A.H., Chang T.I. Bilateral bifid mandibular condyles diagnosed with three-dimensional reconstruction. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2012; 41 (8): 691–5. DOI: 10.1259/dmfr/15030240
4. Gupta R., Gupta P., Gupta S., Gupta T. Bilateral bifid mandibular condyles: a case report. *Int. J. Maxillofac. Res.* 2015; 1(2): 149–53.
5. Villaga-Carvalho M.F., Manhães L.R. Jr., de Moraes M.E., Lopes S.L. Prevalence of bifid mandibular canals by cone beam computed tomography. *Oral Maxillofac. Surg.* 2016; 20 (3): 289–94. DOI: 10.1007/s10006-016-0569-y
6. Ibragimova R.S., Zhartybaev R., Iskakova M.K., Kurmangalieva G.A., Lobanov Yu.S., Beklemisheva N.I. Abnormal development of temporomandibular joint. A case report. *Int. Sci. J.* 2014; 2 (6): 135–9.
7. Menezes A.V., de Moraes Ramos F.M., de Vasconcelos-Filho J.O., Kurita L.M., de Almeida S.M., Haiter-Neto F. The prevalence of bifid mandibular condyle detected in a Brazilian population. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2008; 37: 220–3.
8. Miloglu O., Yalcin E., Buyukkurt M., Yilmaz A., Harorli A. The frequency of bifid mandibular condyle in a Turkish patient population. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2010; 39: 42–6.
9. Cho B.H., Jung Y.H. Nontraumatic bifid mandibular condyles in asymptomatic and symptomatic temporomandibular joint subjects. *Imaging Sci. Dent.* 2013; 43: 25–30.
10. Gunduz R., Buyuk C., Egrioglu E. Evaluation of the prevalence of bifid mandibular condyle detected on cone beam computed tomography images in a Turkish population. *Int. J. Morphol.* 2015; 33 (1): 43–7.
11. Haghnegahdar A.A., Bronoosh P., Khojastepour L., Tahmassebi P. Prevalence of bifid mandibular condyle in a selected population in South of Iran. *J. Dent. (Shiraz).* 2014; 15 (4): 156–60.
12. Woo M.H., Yoon K.H., Park K.S., Park J.A. Post-traumatic bifid mandibular condyle: a case report and literature review. *Imaging Sci. Dent.* 2016; 46 (3): 217–22. DOI: 10.5624/isd.2016.46.3.217
13. Dennison J., Mahoney P., Herbi-son P., Dias G. The false and the true bifid condyles. *Homo.* 2008; 59: 149–59. DOI: 10.1016/j.jchb.2008.02.001
14. Lopez-Lopez J., Ayuso-Montero R., Jane-Salas E., Rosello-Llabres X. Bifid condyle: review of the literature of the last 10 years and report of two cases. *Cranio.* 2010; 28: 136–40.
15. Antoniadis K., Hadjipetrou L., Antoniadis V., Paraskevopoulos K. Bilateral bifid mandibular condyle. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2004; 97: 535–8.
16. Ghom A.G., Ghom S.A. Textbook of oral medicine. 3d edn. London: JP Medical Ltd; 2014.
17. Ongole R., Praveen B.N. Textbook of oral medicine, oral diagnosis and oral radiology. 2nd edn. Elsevier; 2013.
18. Gundlach K.K., Fuhrmann A., Beckmann-Van der Ven G. The double-headed mandibular condyle. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 1987; 64: 249–53.
19. Blackwood H.J. The double-headed mandibular condyle. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1957; 15: 1–8.
20. Rusu M.C., Pop F., Leonardi R., Motoc A.G., Jianu A.M. Morphologic features of the fetal mandibular condyle: layers, canals and microvascular pattern. *Ann. Anat.* 2011; 193 (5): 436–46. DOI: 10.1016/j.aanat.2011.03.006

Поступила 21.11.2016

Принята к печати 07.12.2016

РОЛЬ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА НА РАННЕЙ СТАДИИ ЗАБОЛЕВАНИЯ

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

В.Н. Гридин³, д. т. н., профессор, научный руководитель;

Е.М. Перепелова⁴, к. м. н., заведующая отделением лучевой диагностики;

В.А. Перепелов^{2, 4}, клинический ординатор

¹ ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России,
Иваньковское ш., 3, Москва, 125367, Российская Федерация;

² ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования» Минздрава России,

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

³ ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН,
ул. Маршала Бирюзова, 7а, Одинцово, 143000, Российская Федерация;

⁴ ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова» Минздрава России,
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

THE ROLE OF METHODS FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING DATA IN THE DIAGNOSIS OF ALZHEIMER'S DISEASE AT AN EARLY STAGE

V.E. Sinitsyn^{1, 2}, MD, PhD, DSc, Professor, Director of Diagnostic Radiology Center of FCTR;

V.N. Gridin³, Dr. Tech. Sc., Professor, Scientific Director;

E.M. Perepelova⁴, MD, PhD, Head of Diagnostic Radiology Department;

V.A. Perepelov^{2, 4}, Resident Physician

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

² Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education, Ministry of Health of Russia,
ul. Barrikadnaya, 2/1, stroenie 1, Moscow, 125993, Russian Federation;

³ Center of Information Technologies in Design, Russian Academy of Sciences,
ul. Marshala Biryuzova, 7a, Odintsovo, 143000, Russian Federation;

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
ul. Trubetskaya, 8, stroenie 2, Moscow, 119991, Russian Federation

Болезнь Альцгеймера (БА) занимает ведущие позиции по распространенности в структуре нейродегенеративных заболеваний и является самой частой причиной деменции в популяции. Терапию целесообразно проводить на ранних стадиях болезни, поскольку на терминальной стадии лечение становится неэффективным. В связи с этим первостепенное значение приобретает своевременная и точная диагностика БА на ранних стадиях заболевания. Одно из ключевых мест в ней отводится нейровизуализационным методикам, в частности магнитно-резонансной томографии (МРТ).

В представленном систематическом обзоре проведен поиск в электронных базах данных и научных электронных библиотеках Cyberleninka, PubMed, OVID, базе данных Кокрановского сотрудничества. Дана оценка современных аспектов ранней диагностики БА с помощью МРТ. Проанализирован ряд российских и зарубежных статей и метаанализов, посвященных количественной оценке данных МРТ на ранней стадии БА.

Ключевые слова: деменция; болезнь Альцгеймера; магнитно-резонансная томография; постпроцессорная обработка данных; магнитно-резонансная морфометрия; обзор.

Alzheimer's disease (AD) is leading in the prevalence in the structure of neurodegenerative diseases and is the most common cause of dementia in the population. It is advisable to conduct therapy at an early stage of the disease, since at the terminal stage of the disease treatment becomes ineffective. In the present situation, timely and accurate diagnostics of AD on early stages of the disease becomes most important. One of the key places in diagnostics of this disease is assigned to neuroimaging methods, in particular, magnetic resonance imaging (MRI).

In the submitted systematic review, a search was carried out in electronic databases and scientific electronic libraries Cyberleninka, PubMed, OVID, the Cochrane Collaboration database. The modern aspects of early diagnosis of AD using MRI are assessed. The modern aspects of early diagnostics of AD using MRI are assessed. A number of Russian and foreign articles and meta-analyses devoted to the quantitative evaluation of MR-tomography data at an early stage of AD were analyzed and highlighted.

Index terms: dementia; Alzheimer's disease; magnetic resonance imaging; postprocessing data processing; magnetic resonance morphometry; review.

Для цитирования: Синицын В.Е., Гридин В.Н., Перепелова Е.М., Перепелов В.А. Роль методов количественного анализа данных магнитно-резонансной томографии в диагностике болезни Альцгеймера на ранней стадии заболевания. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 269–74. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-269-274

Для корреспонденции: Перепелов Всеволод Андреевич; E-mail: vsevolod.perepelov@gmail.com

For citation: Sinitsyn V.E., Gridin V.N., Perepelova E.M., Perepelov V.A. The role of methods for quantitative analysis of magnetic resonance imaging data in the diagnosis of Alzheimer's disease at an early stage. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 269–74 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-269-274

For correspondence: Vsevolod A. Perepelov; E-mail: vsevolod.perepelov@gmail.com

Information about authors:

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

Gridin V.N., orcid.org/0000-0001-7825-5992

Perepelova E.M., orcid.org/0000-0002-1951-930X

Perepelov V.A., orcid.org/0000-0002-4741-1988

Acknowledgements. The study was supported by Russian Science Foundation (project 17-11-01288).

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

Received August 25, 2017

Accepted September 8, 2017

Болезнь Альцгеймера (БА) – прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, проявляющееся неуклонным снижением памяти и других когнитивных функций (праксис, гнозис, речь, интеллект). В соответствии с опубликованными в 2013 г. данными Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2010 г. в мире насчитывалось около 35,6 млн человек с деменцией. По прогнозам ВОЗ к 2030 г. это число достигнет 65,7 млн, а к 2050 г. составит 115,4 млн человек. Примерные совокупные расчетные мировые затраты на лечение больных деменцией в 2010 г. составили 604 млрд долларов США. БА является самой частой причиной деменции в популяции и составляет не менее 35–40% в общей структуре деменций [1, 2].

Диагностика БА базируется на анамнестических, клинических и инструментальных данных. Среди последних важнейшее значение имеют нейровизуализационные методики. Методы нейровизуализации включают структурные методы, к которым относятся магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ), и функциональные – позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ). Все они позволяют получить важную ин-

формацию о характере текущего патологического процесса путем обнаружения признаков цереброваскулярного заболевания, установления локализации и выраженности атрофических изменений, выявления отложения бета-амилоида, тау-протеина, снижения метаболизма глюкозы и снижения перфузии в тканях головного мозга [2, 3].

В повседневной клинической практике наибольшее распространение приобрела МРТ. Это обусловлено относительной простотой проведения исследования, более низкой по сравнению с ПЭТ и ОФЭКТ стоимостью, высоким пространственно-временным разрешением, неинвазивностью метода, отсутствием противопоказаний для обследования пациента в динамике и возможностью последующей компьютерной обработки полученных данных [5, 6].

При оценке результатов МРТ в первую очередь исключаются потенциально курабельные причины когнитивных нарушений (объемные образования, нормотензивная гидроцефалия и т. д.). Различные отделы головного мозга вовлекаются в патологический процесс в разной степени и последовательности. На ранних стадиях болезни атрофические изменения чаще наблюдаются преимущественно в медиотемпоральных структурах головного мозга (энторинальная кора, гиппокамп, миндалина, парагиппокампальная извилина).

Позже атрофия выявляется в задних отделах височных и кортикальных отделах теменных долей, затем развивается вторичная атрофия серого вещества лобных долей; первичные моторные и сенсорные зоны вовлекаются в патологический процесс на поздних стадиях заболевания [2, 3, 5].

Н.Г. Незнанов и др. отмечают, что использование нейровизуализационных маркеров нейронального повреждения информативно для уточнения стадии болезни Альцгеймера, но их значение чрезвычайно вариабельно в начале заболевания. На раннем этапе атрофические изменения затрагивают только гиппокампальную форму, затем атрофия выявляется также и в других структурах медиобазального комплекса, включая миндалину и парагиппокампальную извилину [7].

Важной особенностью МРТ является способность получать трехмерные изображения объекта с высоким пространственным разрешением и высокой контрастностью тканей, что позволяет проводить точный анализ даже незначительных изменений объема вещества головного мозга. Для данных целей рекомендовано применение МР-морфометрии.

МР-морфометрия – методика, позволяющая получить данные об объеме различных структур головного мозга *in vivo* в норме и при патологии с помощью компьютерной обработки массива

данных МРТ. Посредством МР-морфометрии можно выявить изменения в головном мозге, которые не определяются визуально при проведении стандартного исследования, что повышает качество и увеличивает потенциал диагностических возможностей МРТ. При болезни Альцгеймера морфометрия может применяться для раннего выявления, оценки степени тяжести и динамического наблюдения выраженности локальной и общей атрофии головного мозга [3, 8–11].

В настоящее время для количественной оценки серого вещества при БА наиболее часто применяется воксель-ориентированная морфометрия (Voxel-based morphometry, VBM). Это метод анализа структурных МР-изображений, который позволяет изучать различия в структурах головного мозга, используя статистический подход. Данная методика дает возможность с высокой точностью оценивать объем областей интереса (Region of interest, ROI) [11].

Существенный вклад в разработку новых количественных методов оценки данных МРТ внесло многоцентровое научное исследование Инициатива по нейровизуализации болезни Альцгеймера (Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative, ADNI). Основная задача его заключалась в разработке биомаркеров для раннего выявления и отслеживания течения БА. Специалисты ADNI разработали методы сбора и контроля качества МРТ- и ПЭТ-исследований на различных томографах, в результате чего были сформированы стандартизованные протоколы, которые позволяют напрямую сравнивать результаты, полученные в исследовательских центрах по всему миру и хранящиеся в электронной базе данных ADNI. На сегодняшний день опубликовано более 1000 научных работ, проведенных с использованием баз данных ADNI. Активно разрабатывается вопрос об автоматизированном анализе МРТ-изображений [13, 14].

На ранней стадии БА нейродегенеративный процесс затрагивает в том числе энторинальную кору. R.S. Desikan et al. в своем исследовании предприняли попытку определить, могут ли автоматизированные методы измерения на основе МРТ с высокой степенью точности идентифицировать лиц с умеренными когнитивными нарушениями [15]. Обработка массива исходных трехмерных T1-взвешенных изображений 313 пациентов из двух независимых групп была осуществлена с применением автоматизированного программного пакета FreeSurfer для определения объема и средней толщины 34 анатомических регионов. В 1-ю группу (использовалась для тестирования и отладки параметров) вошли 49 лиц из контрольной группы и 48 лиц с умеренными когнитивными расстройствами (УКР), в то время как во 2-ю группу (использовалась непосредственно для вычисления толщины коры в определенных регионах) – 94 пожилых пациента из контрольной группы и 57 лиц с УКР. Для сравнения в исследование были также включены 65 пациентов с вероятным диагнозом БА. Для выявления УКР с помощью измерения толщины энторинальной коры, объема гиппокампа и толщины супрамаргинальной извилины была достигнута специфичность 94%, чувствительность 74% для 1-й группы пациентов и специфичность 91%, чувствительность 90% для 2-й группы пациентов. Указанные три параметра МРТ продемонстрировали значимую взаимосвязь с клиническими и нейропсихологическими оценками, а также с показателями биомаркеров цереброспинальной жидкости.

R. Cuingnet et al. [16] в систематическом обзоре оценили эффективность десяти подходов: воксель-ориентированных методов (в том числе Voxel-Direct, который подразделяется непосредственно на Direct и Direct VOI [17], STAND-score [18], Atlas based [19], COMPARE [20]), трех методов,

основанных на измерении толщины коры (Thickness-Direct [17], Thickness-Atlas [21], Thickness-ROI [22]) и двух методов на основе измерения объема гиппокампа (Hippo-Volume-S [23, 24], Hippo-Shape [25]) с использованием МР-томограмм 509 пациентов из базы данных ADNI. Для классификации большинства подходов использовался метод опорных векторов (Support Vector Machine). Было проведено три классификационных эксперимента: когнитивно сохранные лица и пациенты с БА, когнитивно сохранные лица и пациенты с прогрессирующими УКР, которые достигали деменции в течение 18 мес, а также лица со стабильными УКР и прогрессирующими УКР. Вся выборка пациентов была разделена на две группы. Первая группа (половина выборки) использовалась для тренировки и оптимизации параметров, вторая – для оценки эффективности методов. В результате анализа данных были получены следующие данные: при сравнении пациентов с БА и когнитивно сохранных лиц четыре указанных выше воксель-ориентированных метода классифицировали пациентов с очень высокой специфичностью (более 89%) и высокой чувствительностью (75% – для STAND-score и более 81% – для остальных методов). Методы, основанные на измерении толщины коры, показали схожие результаты – не менее чем 90% специфичность и 69, 74 и 79% чувствительность для Thickness-ROI, Thickness-Direct и Thickness-Atlas соответственно. Подходы, основанные на оценке гиппокампа, обладали сопоставимой чувствительностью, но были менее специфичными: 63% при измерении объема и 84% при измерении формы; при сравнении когнитивно сохранных лиц и пациентов с когнитивными нарушениями большинство методов обладали существенно меньшей чувствительностью, чем в предыдущей классификации. Все методы по сравнению с COMPARE,

Hippo-Volume-S и Hippo-Shape показали значительно лучшие классификационные результаты. Не было выявлено существенной разницы между результатами, полученными с помощью Direct, Direct VOI, STAND-score, Atlas-based. Все эти методы достигали высокой специфичности (более 85%), а чувствительность варьировала от 51% (COMPARE) до 73% (STAND-Score).

Методы, основанные на измерении толщины коры, показали схожие результаты. Оценка объема гиппокампа (Hippo-Volume-S) была менее специфичной, но высокочувствительной, как для классификации БА по сравнению с когнитивно сохраненными индивидами; при сравнении лиц со стабильными УКР и прогрессирующими УКР STAND-score достиг 57% чувствительности и 78% специфичности, COMPARE – 62% чувствительности и 67% специфичности, а Thickness-Direct – 32% чувствительности и 91% специфичности. Методы на основе измерения объема гиппокампа отличали прогрессирующие УКР от стабильных с 62% чувствительностью и 69% специфичностью.

Большой интерес представляет работа Нюон-Ах-Йи et al., в которой авторы поставили цель выяснить, поможет ли степень и характер атрофии подкоркового серого вещества (миндалевидного тела, таламуса, хвостатого ядра, скорлупы, бледного шара, добавочного ядра и гиппокампа) предсказать прогрессирование БА от стадии УКР до деменции [5]. В исследование были включены 773 участника, каждому из которых выполнялась трехмерная T1-импульсная последовательность на МР-томографе с напряженностью поля 3 Тл, с последующей постпроцессорной обработкой. Из них 181 человек был отнесен к контрольной группе с субъективными симптомами нарушения процесса запоминания информации и нормальными познавательными функциями, 201 человек с УКР и 391 пациент на ста-

дии деменции. За время наблюдения ($2 \pm 0,9$ года) у 35 пациентов из группы с УКР было выявлено прогрессирование до деменции, состояние остальных пациентов в этой группе оставалось стабильным. Измерение объемов субкортикальных образований серого вещества было выполнено с помощью пакета программного обеспечения FMRIB Software Library (FSL). При анализе данных все структуры, кроме бледного шара, были меньше у пациентов с БА, чем в группе контроля. Кроме того, миндалевидные тела, таламус, скорлупа, прилежащие ядра и гиппокамп были меньше в группе с УКР, чем в контрольной. Во всех группах подкорковые образования, за исключением бледного шара, показали положительную корреляцию с когнитивными функциями, измеряемыми методом Mini Mental State Examination (MMSE). Анализ пропорциональных рисков Кокса с учетом возраста, пола, образования, нейропсихологических тестов CAMCOG-R (пересмотренный) и MMSE показал, что меньший объем гиппокампа и прилежащих ядер связан с повышенным риском прогрессирования от УКР до деменции. Кроме того, уменьшение в объеме подкорковых структур серого вещества было связано с тяжестью когнитивных нарушений. Полученные результаты свидетельствуют, что наряду с атрофией гиппокампа и кортикальной атрофией теменно-височной локализации атрофия прилежащих ядер обладает достаточным диагностическим потенциалом в прогнозе прогрессирования БА от УКР до деменции. Данная информация в дальнейшем может быть использована при разработке автоматизированного программного комплекса для ранней диагностики БА.

Jie-Qiong Li et al. проанализировали большой объем материала по всем факторам риска, которые могли бы обусловить развитие деменции при болезни Альцгеймера у лиц с УКР [26]. Авторы

провели систематический литературный поиск когортных исследований по данной проблематике в базах данных PubMed, OVID, EMBASE, базе данных Кокрановского сотрудничества, Библиотеке Конгресса, опубликованных в период с января 1966 г. по март 2015 г. (всего 3565 статей на английском языке). В результате строгого отбора в метаанализ были включены 60 когортных исследований, охватывающих 14 821 участника из 16 стран, из них для выявления нейровизуализационных маркеров развития БА проанализированы данные 19 исследований, включавших следующие структурные признаки: атрофия гиппокампа, атрофия медиальных отделов височной доли, атрофия энторинальной коры, гиперинтенсивный сигнал от белого вещества и подкорковые инфаркты. При анализе полученных результатов наиболее сильными факторами риска, ответственными за прогрессирование от стадии УКР до деменции при БА, оказались атрофия гиппокампа, энторинальной коры и других медиальных отделов височной доли. Также была обнаружена положительная корреляция между риском развития заболевания и объемом гиперинтенсивного белого вещества. Анализ показал, что МРТ является значимым средством диагностики БА на стадии УКР. Медиальная височная доля, включающая гиппокамп и парагиппокаммальную извилину (последняя включает энторинальную кору), поражается наиболее рано. Обнаруживается большая атрофия гиппокампа, преимущественно области СА1 и основания гиппокампа (субикулюме), а также энторинальной коры, особенно в передненижнем полюсе с двух сторон. Более того, у пациентов с УКР увеличение объема желудочков и общее изменение объема вещества головного мозга за год, а также возрастные изменения белого вещества в базальных ганглиях увеличивали риск прогрессирования до БА. Более высокие

значения измеряемого коэффициента диффузии гиппокампа у лиц с прогрессирующим типом УКР на начальном этапе ассоциируются с более высоким риском прогрессирования до деменции в будущем.

М.В. Кротенковой и соавт.* разработан метод дифференциальной диагностики УКР сосудистого и дегенеративного генеза. Авторами был проведен воксель-ориентированный морфометрический анализ структурных МР-изображений головного мозга. По регионам интереса (миндалевидное тело, гиппокамп и др.) создан ряд масок и выполнен расчет отношения объема серого вещества каждой маски в вокселях к общему объему серого вещества головного мозга в вокселях. Затем проведен ROC-анализ отношений объемов регионов интереса в вокселях к общему объему серого вещества в каждой из групп, включая контрольную, в вокселях. При отношении объемов масок к общему объему серого вещества головного мозга левого гиппокампа менее 0,006609, правого гиппокампа менее 0,00654, левой парагиппокампаальной извилины менее 0,005484, левого миндалевидного тела менее 0,001743, правого миндалевидного тела менее 0,001399 и левой нижней височной извилины менее 0,019112 к общему объему серого вещества головного мозга и отсутствию атрофии миндалевидного тела и таламуса диагностируют дегенеративный генез УКР. При отношении объема левой глазничной части нижней лобной извилины менее 0,008642, правой глазничной части нижней лобной извилины менее 0,008546, правого таламуса менее 0,004742, левого таламуса менее 0,004872 к общему объему серого вещества головного мозга и отсутствию атрофии гиппокампа и миндалевидного

тела диагностируют сосудистый генез УКР.

По мнению авторов, предложенный метод обеспечивает высокую точность дифференциальной диагностики УКР сосудистого и дегенеративного генеза. Учитывая малую выборку (58 пациентов), целесообразна дальнейшая оценка метода на большей группе пациентов.

Таким образом, приведенные данные показывают важную роль МРТ для диагностики БА и прогнозирования развития деменции на начальных стадиях когнитивных расстройств. Одним из перспективных направлений в диагностике данного заболевания является постпроцессорная обработка результатов МРТ с помощью специального программного обеспечения (МР-морфометрия). Данная методика позволяет проводить точную количественную оценку объемов различных структур и областей головного мозга, а также оценивать их изменение в динамике, что дает возможность не только повысить качество диагностики БА, но и судить о степени прогрессирования атрофического процесса. В настоящее время все большее распространение в клинической практике получают автоматизированные методы количественного анализа объемных характеристик МР-изображений, которые упрощают и объективизируют оценку структур головного мозга посредством минимизации участия человека в данном процессе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 17-11-01288).

Литература [References]

1. Всемирная организация здравоохранения и Международная организация по проблемам болезни Альцгеймера. Деменция: приоритет общественного здравоохранения. 2012.

http://www.who.int/mental_health/publications/dementia_report_2012/en/ [The World Health Organization and the International Alzheimer's Disease Organization. Dementia: public health priority. 2012. Available at: http://www.who.int/mental_health/publications/dementia_report_2012/en/ (in Russ.).]

2. Яхно Н.Н., Захаров В.В., Локшина А.Б., Коберская Н.Н., Мхитарян Э.А. Деменции: Руководство для врачей. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ; 2011. [Yakhno N.N., Zakharov V.V., Lokshina A.B., Koberskaya N.N., Mkhitaryan E.A. Dementia: A guide for doctors. 3rd ed. Moscow: MEDpress-inform; 2011 (in Russ.).]
3. Емелин А.Ю., Одинак М.М., Лобзин В.Ю., Воробьев С.В., Киселев В.Н. Современные возможности нейровизуализации в дифференциальной диагностике когнитивных нарушений. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2012; 4 (2S): 51–5. [Emelin A.Yu., Odinak M.M., Lobzin V.Yu., Vorob'ev S.V., Kiselev V.N. Modern possibilities of neuroimaging in differential diagnosis of cognitive impairment. *Neurologiya, Neyropsikhiatriya, Psikhosomatika (Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics, Russian journal)*. 2012; 4 (2S): 51–5 (in Russ.).]
4. Schmitter D., Roche A., Maréchal B., Ribes D., Abdulkadir A., Bach-Cuadra M. et al. An evaluation of volume-based morphometry for prediction of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neuroimage Clin*. 2015; 7: 7–17.
5. Hyon-Ah Yi, Möller Ch., Dieleman N., Bouwman F.H., Barkhof F., Scheltens Ph. et al. Relation between subcortical grey matter atrophy and conversion from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2016; 87: 425–32.
6. Johnson K.A., Fox N.C., Klunk W.E., Reisa A. Sperling brain imaging in Alzheimer disease. *Cold. Spring. Harb. Perspect. Med*. 2012; 2 (4).
7. Незнанов Н.Г., Ананьева Н.И., Залущая Н.М., Стулов И.К., Гальсман И.Е., Бельцева Ю.А. Визуальная шкальная МРТ-оценка атрофических изменений головного мозга в диагностике ранней стадии болезни Альцгеймера (1 этап исследования). *Обозрение психиатрии и медицинской психологии*. 2016; 4: 61–5. [Neznanov N.G., Anan'eva N.I., Zalutskaya N.M., Stulov I.K., Gal'sman I.E., Bel'tseva Yu.A. Visual scale MRI assessment of atrophic changes in the brain in the diagnosis of early stage Alzheimer's disease (Phase 1 study). *Obozrenie Psikhiiatrii i Meditsinskoj Psikhologii (Review of Psychiatry and Medical Psychology, Russian journal)*. 2016; 4: 61–5 (in Russ.).]
8. Магонов Е.П., Катаева Г.В., Трофимова Т.Н. Современные методы ав-

* М.В. Кротенкова, Р.Н. Коновалов, А.И. Дамулина и др. получили патент на изобретение № 2588314 «Способ дифференциальной диагностики умеренных когнитивных расстройств».

- томатического вычисления внутречерепного пространства с помощью МР-морфометрии. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2015; 2 (85). [Magonov E.P., Kataeva G.V., Trofimova T.N. Modern methods of automatic calculation of intracranial space by means of MR-morphometry. *Vestnik Novgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta (Bulletin of Novgorod State University, Russian journal)*. 2015; 2 (85) (in Russ.).]
9. Лобзин В.Ю., Киселёв В.Н., Фокин В.А., Емелин А.Ю., Воробьев С.В., Лупанов И.А. и др. Применение магнитно-резонансной морфометрии в диагностике болезни Альцгеймера и сосудистых когнитивных нарушений. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2013; 3: 43. [Lobzin V.Yu., Kiselev V.N., Fokin V.A., Emelin A.Yu., Vorob'ev S.V., Lupanov I.A. et al. Application of magnetic resonance morphometry in the diagnosis of Alzheimer's disease and vascular cognitive disorders. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii (Bulletin of the Russian Military Medical Academy)*. 2013; 3: 43 (in Russ.).]
 10. Одинак М.М., Воробьев С.В., Фокин В.А., Емелин А.Ю., Лобзин В.Ю., Соколов А.В. Магнитно-резонансная морфометрия в дифференциальной диагностике посттравматических когнитивных нарушений. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2014; 2: 13–8. [Odnak M.M., Vorob'ev S.V., Fokin V.A., Emelin A.Yu., Lobzin V.Yu., Sokolov A.V. Magnetic resonance morphometry in the differential diagnosis of post-traumatic cognitive impairment. *Nevrologiya, Neyropsikhiatriya, Psikhosomatika (Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics, Russian journal)*. 2014; 2: 13–8 (in Russ.).]
 11. Воронков Л.В., Труфанов А.Г., Фокин В.А., Литвиненко И.В., Одинак М.М., Ефимцев А.Ю. и др. Возможности воксель-базированной морфометрии в диагностике неопухолевых заболеваний головного мозга. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2012; 1 (37). [Voronkov L.V., Trufanov A.G., Fokin V.A., Litvinenko I.V., Odnak M.M., Efimtsev A.Yu. et al. The possibilities of voxel-based morphometry in the diagnosis of neoplastic diseases of the brain. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii (Bulletin of the Russian Military Medical Academy)*. 2012; 1 (37) (in Russ.).]
 12. Дамулина А.И., Коновалов Р.Н., Кадыков А.С. Значение воксель-ориентированной морфометрии в изучении умеренных когнитивных расстройств. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2015; 9 (3): 42–8. [Damulina A.I., Kononov R.N., Kadykov A.S. Value of voxel-oriented morphometry in the study of moderate cognitive disorders. *Annaly Klinicheskoy i Eksperimental'noy Nevrologii (Annals of Clinical and Experimental Neurology, Russian journal)*. 2015; 9 (3): 42–8 (in Russ.).]
 13. Alzheimer Disease Neuroimaging Initiative (ADNI). Available at: <http://adni.loni.usc.edu>
 14. Weiner M.W., Veitch D.P., Aisen P.S., Beckett L.A., Cairns N.J., Green R.C. et al. The Alzheimer's disease neuroimaging initiative: a review of papers published since its inception. *Alzheimers Dement.* 2012; 8 (10): S1–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jalz.2011.09.172>
 15. Desikan R.S., Cabral H.J., Settecase F., Hess Ch.P., Dillon W.P., Glastonbury Ch.M. et al. MRI measures predict progression to Alzheimer's disease. *Neurobiol. Aging.* 2010; 31 (8): 1364–74. DOI: [10.1016/j.neurobiolaging.2010.04.023](https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2010.04.023)
 16. Cuingnet R., Gerardin E., Tessieras J., Auzias G., Lehericy S., Habert M.-O. et al. and the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Automatic classification of patients with Alzheimer's disease from structural MRI: a comparison of ten methods using the ADNI database. *Neuroimage.* 2010; 6: 4C.
 17. Klöppel S., Stonnington C.M., Chu C., Draganski B., Scahill R.I., Rohrer J.D. et al. Automatic classification of MR scans in Alzheimer's disease. *Brain.* 2008; 131 (3): 681–9.
 18. Vemuri P., Guntel J.L., Senjem M.L., Whitwell J.L., Kantarci K., Knopman D.S. et al. Alzheimer's disease diagnosis in individual subjects using structural MR images: validation studies. *Neuroimage.* 2008; 39 (3): 1186–97.
 19. Lao Z., Shen D., Xue Z., Karacali B., Resnick S.M., Davatzikos C. Morphological classification of brains via high-dimensional shape transformations and machine learning methods. *Neuroimage.* 2004; 21 (1): 46–57.
 20. Fan Y., Shen D., Gur R.C., Davatzikos C. COMPARE: classification of morphological patterns using adaptive regional elements. *Med. Imag.* 2007; 26 (1): 93–105.
 21. Desikan R.S., Ségonne F., Fischl B., Quinn B.T., Dickerson B.C., Blacker D. et al. An automated labeling system for subdividing the human cerebral cortex on MRI scans into gyral based regions of interest. *Neuroimage.* 2006; 31 (3): 968–80.
 22. Desikan R.S., Cabral H.J., Hess C.P., Dillon W.P., Glastonbury C.M., Weiner M.W. et al. Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Automated MRI measures identify individuals with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Brain.* 2009; 132 (8): 2048–57.
 23. Chupin M., Hammers A., Liu R.S., Colliot O., Burdett J., Bardin E. et al., Automatic segmentation of the hippocampus and the amygdala driven by hybrid constraints: method and validation. *Neuroimage.* 2009; 46 (3): 749–61.
 24. Chupin M., Gerardin E., Cuingnet R., Boutet C., Lemieux L., Lehericy S. et al., Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Fully automatic hippocampus segmentation and classification in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment applied on data from ADNI. *Hippocampus.* 2009; 19 (6): 579–87.
 25. Gerardin E., Chételat G., Chupin M., Cuingnet R., Desgranges B., Kim H.-S. et al. Multidimensional classification of hippocampal shape features discriminates Alzheimer's disease and mild cognitive impairment from normal aging. *Neuroimage.* 2009; 47 (4): 1476–86.
 26. Jie-Qiong Li, Lan Tan, Hui-Fu Wang, Meng-Shan Tan, Lin Tan, Wei Xu et al. Risk factors for predicting progression from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2016; 87: 476–84.
 27. Blanc F., Colloby S.J., Cretin B., Loureiro de Sousa P., Demuyne C., O'Brien J.T. et al. Grey matter atrophy in prodromal stage of dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease. *Alzheim. Res. Ther.* 2016; 8: 31.
 28. Дмитриев А.А., Кучерявский С.В. Применение методов многомерного анализа данных для диагностики ранних стадий болезни Альцгеймера по томограммам мозга. *Управление, вычислительная техника и информатика*. 2010; 1–2 (65). [Dmitriyev A.A., Kucheryavskiy S.V. Application of multidimensional data analysis methods for diagnosis of early stages of Alzheimer's disease by brain tomograms. *Upravlenie, Vychislitel'naya Tekhnika i Informatika (Management, Computer Science and Informatics, Russian journal)*. 2010; 1–2 (65) (in Russ.).]
 29. Leandrou S., Petroudi S., Kyriacou P.A., Reyes-Aldasoro C.C., Pattichis C.S. An overview of quantitative magnetic resonance imaging analysis studies in the assessment of Alzheimer's disease. Switzerland: Springer International Publishing; 2016.

Поступила 25.08.2017

Принята к печати 08.09.2017

СОВРЕМЕННАЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРИБРЕТЕННОГО ПЛОСКОСТОПИЯ ВЗРОСЛЫХ

Н.С. Серова, д. м. н., профессор, чл.-корр. РАН;

А.С. Беляев, аспирант;

Д.С. Бобров, к. м. н., доцент;

К.С. Терновой, к. м. н., доцент

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова» Минздрава России,
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

MODERN X-RAY DIAGNOSIS OF ADULT ACQUIRED FLATFOOT DEFORMITY

N.S. Serova, MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member
of Russian Academy of Sciences;

A.S. Belyaev, Postgraduate;

D.S. Bobrov, MD, PhD, Associate Professor;

K.S. Ternovoy, MD, PhD, Associate Professor

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia,
ul. Trubetskaya, 8, stroenie 2, Moscow, 119991, Russian Federation

Научный обзор посвящен вопросам современной диагностики плоскостопия взрослых с помощью рентгенологического метода. Рассмотрены основные рентгенологические проекции, а также базовые морфофункциональные параметры, определяющие степень деформации и дальнейшую тактику лечения пациентов.

Ключевые слова: приобретенное плоскостопие; hallux valgus; деформация стопы; рентгенография стопы.

Для цитирования: Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Современная рентгенологическая диагностика приобретенного плоскостопия взрослых. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 275–80. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-275-280

Для корреспонденции: Беляев Андрей Сергеевич; E-mail: as-belyaev@inbox.ru

This scientific review is devoted to the modern diagnostics of adult flatfoot using radiographic method. Describes the main radiographic projections and basic morpho-functional parameters that determine the degree of deformation and the further tactics of patients' treatment.

Index terms: acquired flatfoot; hallux valgus; foot deformity; weight-bearing radiography.

For citation: Serova N.S., Belyaev A.S., Bobrov D.S., Ternovoy K.S. Modern X-ray diagnosis of adult acquired flatfoot deformity. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 275–80 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-275-280

For correspondence: Andrey S. Belyaev; E-mail: as-belyaev@inbox.ru

Information about authors:

Serova N.S., orcid.org/0000-0003-2975-4431

Belyaev A.S., orcid.org/0000-0002-3369-5158

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

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

Received September 1, 2017

Accepted September 15, 2017

Введение

Широкий спектр диагностических методов, которыми располагает современная рентгенология, в полном объеме охватывает все составляющие диагностики структур опорно-двигательного аппарата [1].

Огромное количество отечественных и зарубежных литературных источников сегодня по-

священо вопросам лучевой диагностики крупных суставов нижних конечностей. Но не менее важную позицию занимает лучевая диагностика патологии стопы и голеностопного сустава в связи с воздействием на стопу больших статических и динамических нагрузок, а, следовательно, возникновением различных деформаций [2].

Среди прочих заболеваний стопы одно из лидирующих мест занимает плоская деформация стопы. Анализ результатов обследования большой группы людей показал, что плоскостопие выявляют у 10% детей и 16,4% взрослых. Чаще всего (63,3% случаев) встречается поперечное плоскостопие в сочетании с отведением I пальца стопы кнаружи [3].

Плоская стопа (*pes planus*) характеризуется уменьшением сводов стопы различной степени, вплоть до полного исчезновения. Плоскостопие – полиэтиологическое заболевание, развивающееся в результате воздействия одновременно нескольких факторов. Статическое плоскостопие следует рассматривать как результат трех основных составляющих системы: мышечной, соединительнотканной, костной [4].

Особое внимание уделяется приобретенному плоскостопию взрослых. Среди причин, вызывающих его развитие, выделяют травму, наличие ревматоидного артрита или неврологических заболеваний [4]. Но на первом месте стоит дисфункция задней большеберцовой мышцы (80% случаев), в зависимости от степени которой определяют, является ли плоскостопие нефиксированным (при патологически измененном сухожилии, но все еще функционирующем) или ригидным [4, 5].

Актуальность вопросов диагностики плоской стопы связана также с тем, что сегодня рентгенологическое исследование является ключевым фактором при принятии решения о призыве молодых людей с плоскостопием на военную службу в Российской Федерации [6].

Вальгусная девиация заднего отдела стопы приводит к снижению продольного свода, при этом таранная кость разворачивается головкой вниз, в сторону подошвы, и свод уплощается, еще больше усугубляя вальгус. При выраженной плоской стопе ладьевидная кость резко выдается к внутреннему краю, находясь в состоянии подвывиха [7]. Плоскостопие и вальгус заднего отдела стопы рассматривают как нераздельный компонент этой патологии. Так, при плоскостопии рессорная функция стопы ослабевает, что увеличивает ударные нагрузки на коленные и тазобедренные суставы. Это самый распространенный вид деформации стопы, который сопровождается также

изменениями в тазобедренных и коленных суставах и искривлением пальцев [8, 9].

Ввиду огромного количества компонентов деформации очевидна необходимость лучевой диагностики данной патологии. Сегодня этот вопрос наиболее часто решается с помощью классического рентгеновского исследования. Важную роль в проведении рентгенографии в данном случае играет наличие нагрузки на стопу, что существенно влияет на оценку параметров на рентгенограммах [10].

Целью нашей работы является обзор отечественной и зарубежной научной литературы по современной рентгенологической диагностике приобретенной плоской стопы у взрослых пациентов.

В рамках комплексного подхода к диагностике клиническое обследование стопы – наиболее простой и распространенный первичный метод диагностики плоскостопия, который заключается в осмотре медиального (внутреннего) свода стопы и всей ее подошвенной поверхности, а также в определении формы стопы [11]. При визуальном осмотре определяются вид и характер деформации стопы, наличие воспалительных явлений, трофических расстройств. При этом выясняются особенности статики и ходьбы пациента, область нагрузки стопы, особенности носимой обуви, определяются границы болезненности, стойкость деформации (возможность ручной коррекции и ее степень) и подвижность стопы в суставах [12].

Несмотря на появление новых подходов к лучевой диагностике плоскостопия, чаще предпочтение отдается классическим рентгенологическим методам. В настоящем исследовании представлены основные рентгенологические методики исследования плосковальгусной деформации стопы, базовые измерения, производимые на снимках, а также интерпретация полученных результатов.

Рентгенография

Рентгенография – наиболее распространенный метод диагностики статических деформаций стопы, проводится в различных проекциях (боковая с нагрузкой, прямая, проекция Зальцмана) с целью получить изображения тех или иных анатомических структур стопы [4]. Рентгенографию применяют для более детальной характеристики костного свода стопы, положения, размеров и формы образующих его костей, объективного исследования бокового отклонения костей заднего отдела стопы и динамики изменения свода в процессе лечения. Оценка полученных рентгенограмм проводится на основании угловых и линейных параметров взаимного расположения костей стопы. Рентгенография обладает высокой точностью измеряемых характеристик. Однако с помощью этого метода проводится оценка лишь анатомического компонента патологии [13].

Существует несколько основных рентгенологических проекций для осуществления морфометрической оценки приобретенного плоскостопия взрослых.

Рентгенография стопы в боковой проекции по методике Богданова. Снимки выполняют в условиях естественной статической нагрузки, стоя на специальной подставке, в боковой проекции, с захватом 4–5 см голени. Пациент исследуемой стопой стоит на деревянной подставке, вторую ногу отводит назад, опираясь на стул. Центральный луч направлен горизонтально через проекцию ладьевидно-клиновидного сустава [14].

Рентгенография стопы в прямой проекции. В качестве дополняющей методики проводится исследование стопы в прямой проекции для определения степени поперечного плоскостопия и *hallux valgus* [15]. Также используется проекция Зальцмана для диагностики боковых деформаций заднего отдела стопы [17].

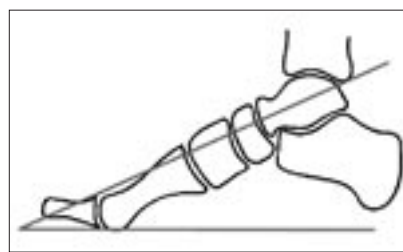
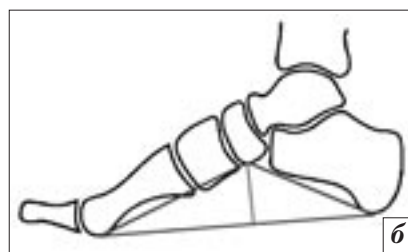
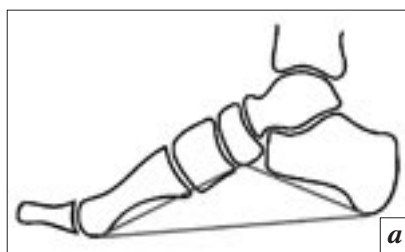


Рис. 1. Схема определения угла продольного свода и высоты свода стопы: *а* – угол продольного свода измеряется на боковой рентгенограмме стопы с нагрузкой, с построением угла через три точки: 1) подошвенная поверхность головки I плюсневой кости, 2) нижний край сочленения ладьевидной и медиальной клиновидной костей, 3) нижняя точка пяточного бугра; вершина угла – во 2-й точке; *б* – перпендикуляр, опущенный из вершины угла продольного свода для определения его высоты

Рис. 2. Схема определения угла основания таранной кости

Таблица 1

Степень плоскостопия

Степень деформации	Угол продольного свода	Высота продольного свода
1-я	131–140°	35–25 мм
2-я	141–155°	24–17 мм
3-я	> 155°	< 17 мм

Рентгенография голеностопных суставов в прямой проекции. Рентгенограммы обоих голеностопных суставов в прямой проекции с нагрузкой позволяют убедиться в наличии боковых деформаций на уровне подтаранного сустава и исключить таковые на уровне голеностопного сустава [18].

Данный вид исследования используется прежде всего для определения степени продольного плоскостопия.

Рентгенография стопы в проекции Зальцмана. Проекция Зальцмана представляет собой исследование стоп в заднепередней проекции, в вертикальном положении стопы на опоре, с направлением рентгеновской трубки под углом 20°. Проекция предназначена для оценки степени вальгусного отклонения пяточной кости [18].

Процесс полного и объективного рентгенологического обследования плосковальгусной деформации стопы включает позиционный подход.

Основные морфофункциональные параметры для оценки степени плосковальгусной деформации стопы.

1. *Угол продольного свода стопы.* Угол продольного свода стопы является наиболее востребованным параметром для первичной диагностики плоскостопия [19]. В России и странах СНГ наиболее широкое применение получила методика Богданова [14].

Построение угла выполняется по трем точкам, расположенным в области нижнего края головки I плюсневой кости, в проекции нижнего края суставной щели между ладьевидной и клиновидной костями и в проекции нижнего края пяточного бугра пяточной кости (рис. 1). Из точки в области сочленения ладьевидной и медиальной клиновидной костей опускается перпендикуляр на горизонтальную линию между пяточным бугром и головкой I плюсневой кости. Эти два критерия (угол и высота свода по перпендикуляру) и определяют степень плоскостопия [14].

В соответствии с полученными данными пациента с плоскостопием относят к одной из групп, согласно степени деформации, определяемой по этим двум критериям (табл. 1).

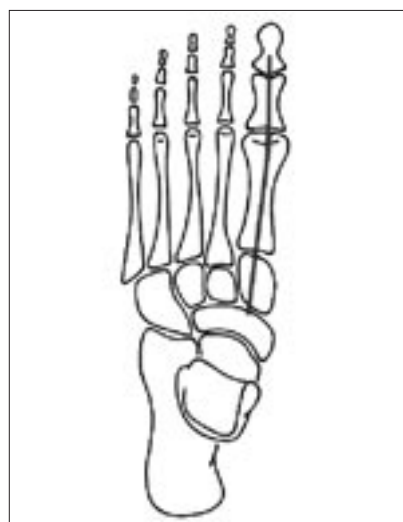


Рис. 3. Схема определения угла *hallux valgus*.

Угол отклонения проксимальной фаланги I пальца – основной показатель, используемый врачами-рентгенологами для определения степени плосковальгусной деформации стопы

Иностранные авторы, в свою очередь, предлагают другой вариант оценки высоты продольного свода стопы – угол основания таранной кости, который оценивается на боковой рентгенограмме стопы с нагрузкой [20]. Ось проводят через центр таранной кости, формируя угол с линией, проведенной вдоль основания головки I плюсневой кости, параллельно полу (рис. 2). В норме показатель составляет 14–36°.

2. *Угол hallux valgus.* Угол отклонения I пальца (*hallux valgus angle* – HVA), или, как его еще именуют, M1P1 – угол вальгусного отклонения I пальца стопы, образован пересечением осей I плюсневой кости и проксимальной фаланги I пальца (рис. 3). Данное измерение проводится на прямой рентгенограмме стопы с оценкой

Таблица 2

Степень отклонения НВА

Степень отклонения	Угол НВА
Легкая	13–30°
Средняя	30–40°
Тяжелая	>40°

осей I плюсневой кости и дистальной фаланги I плюсневой кости. В норме уровень отклонения составляет не более 13–15° [20].

Стандартные показатели отклонений представлены в таблице 2.

3. *Межплюсневый угол*. *Intermetatarsal angle*, или M1M2 – межплюсневый угол, образован продольными осями I и II плюсневых костей. Увеличение данного угла вызывает состояние, называемое *metatarsus primus adductus*. Оси проводятся через основания и головки I и II плюсневых костей (рис. 4). Место проксимального пересечения двух линий определяет угол, который в норме составляет не более 10° [15].

4. *Hallux interphalangeal angle*. Угол P1P2 – межфаланговая деформация I пальца – это угол между осями проксимальной и дистальной фаланг I пальца [16]. На прямой рентгенограмме проводятся оси через основания диафизов фаланг I пальца (рис. 5). Нормальные значения этого угла варьируют от 6 до 14° [20].

5. *Угол открытия переднего отдела стопы*. В норме опора на стопу осуществляется благодаря трем точкам (пяточный бугор, головки I и V плюсневых костей). Угол M1M5 – угол между осями I и V плюсневых костей, служит для оценки степени расплывчатости переднего отдела стопы. На прямой рентгенограмме проводятся оси через диафизы I и V плюсневых костей и формируется угол в проксимальной части их соединения [22] (рис. 6). В норме параметр составляет не более 35°.

6. *Угол варусного отклонения V плюсневой кости*. Угол M4M5 образован осями IV и V плюсневых

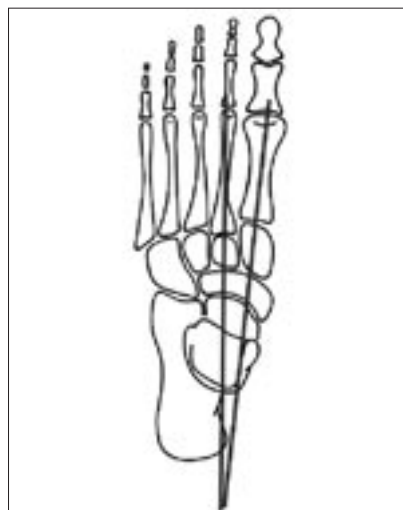


Рис. 4. Схема определения межплюсневой угла.

Оси проводятся через основания и головки I и II плюсневых костей

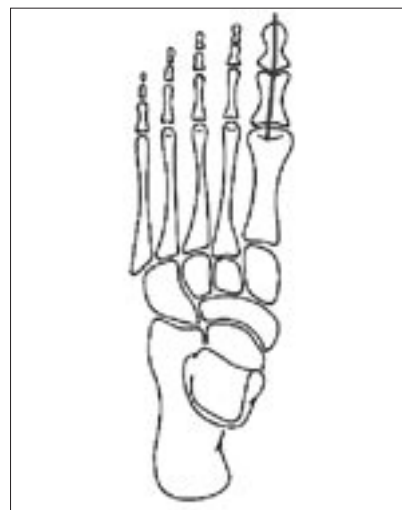


Рис. 5. Схема определения угла P1P2.

На прямой рентгенограмме проводят оси через основания диафизов фаланг I пальца и в месте их пересечения определяется угол

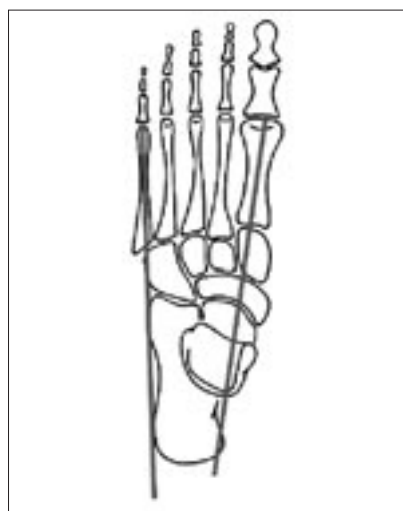


Рис. 6. Схема определения угла M1M5

вых костей. Две линии проводятся на прямой рентгенограмме стопы через IV и V плюсневые кости для оценки варусного отклонения V пальца (рис. 7). В норме составляет не более 5° [20, 22]. Обычно данный угол используется для диагностики деформации по типу Bunionette – латеральное смещение головки V плюсневой кости при плоской деформации стопы [23].

7. *Талометатарзальный угол*. Угол, определяемый на боковой рентгенограмме, представляет собой ось, проходящую через центр таранной кости и формирующую

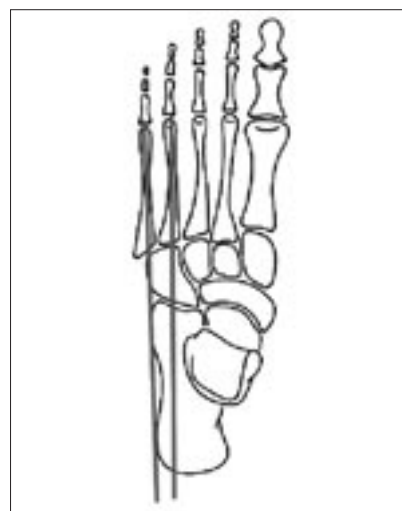


Рис. 7. Схема определения угла M4M5

угол с центральной осью I плюсневой кости [24] (рис. 8). Пересечение этих линий используется для оценки степени уплощения свода стопы. В норме составляет $6,7 \pm 5,8^\circ$ [24].

Кроме того, существует универсальное понятие об оси таранной кости (рис. 9). На прямой рентгенограмме можно провести линию через головку таранной кости до головки I плюсневой кости и оценить наличие вальгусного или варусного отклонения I пальца [20].

8. *Таранно-пяточный угол* (угол Кита) оценивается как на пря-

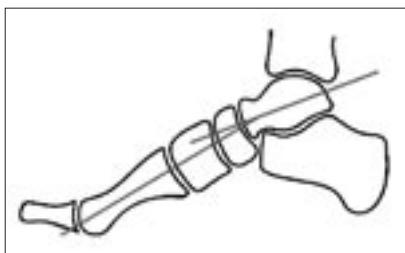


Рис. 8. Схема определения талометатарзального угла

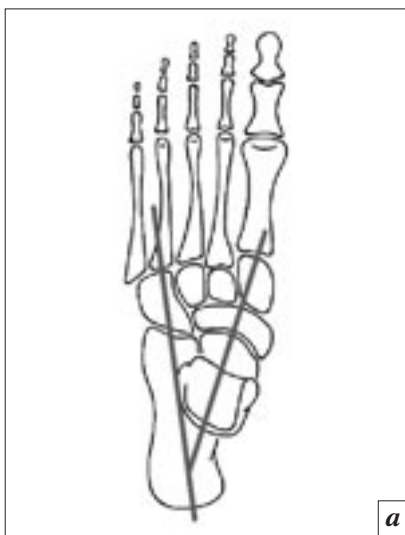


Рис. 10. Определение угла Кита (таранно-пяточного угла) на прямой (а) и боковой (б) рентгенограммах

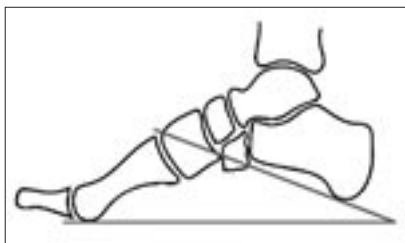


Рис. 11. Схема определения угла наклона пяточной кости

мой, так и на боковой рентгенограмме с нагрузкой. На прямой рентгенограмме проводятся линии через центры таранной и пяточной костей и выполняется оценка их проксимального пересечения (рис. 10, а) [25]. В норме угол составляет 15–40°. Уменьшение данного угла свидетельствует о варусной деформации стопы, в то время как увеличение этого показателя указывает на плосковальгусные изменения [20]. На боковой рентгенограмме угол формируется в месте пересечения центральных осей таранной и пя-

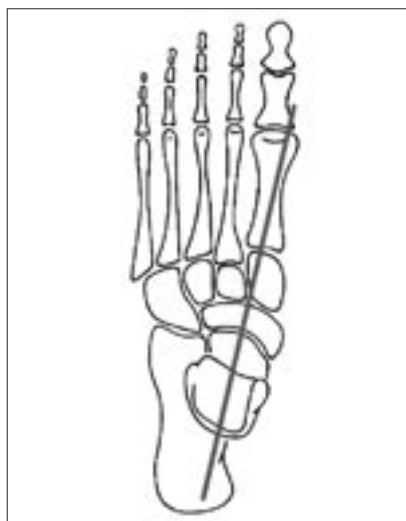
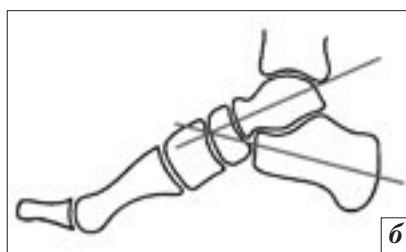


Рис. 9. Схема определения оси таранной кости



точной костей [20, 25] (рис. 10, б). В норме составляет 25–55°.

9. *Угол наклона пяточной кости.* Угол формируется двумя линиями, одна из которых проводится через нижний край суставной поверхности пяточной кости в составе пяточно-кубовидного сустава, проходит вдоль нижней поверхности пяточной кости и пересекает передний край пяточного бугорка. Вторая линия проводится параллельно поверхности, на которую опирается стопа (рис. 11). Стандартные значения для данного показателя $24,5 \pm 3^\circ$ [20, 26].

Современные методы диагностики

Зачастую, даже при наличии в стационаре рентгеновского аппарата нового поколения, необходим контроль на всех этапах проведения исследования, и двухмерных рентгенологических снимков уже недостаточно. В то же

время большое количество проекций, необходимое для должного объема исследования, предполагает неоднократное изменение положения стопы пациента и смену положения рентгеновской трубки. В связи с этим становится востребованным проведение компьютерной томографии [27].

Основной проблемой на сегодняшний день является отсутствие какой-либо функциональной нагрузки на стопу во время исследования пациента в горизонтальном положении. В зарубежных источниках описана методика вертикальной конусно-лучевой компьютерной томографии для диагностики патологии только нижней конечности [28]. Также в клиническую практику внедрена методика функциональной мультиспиральной КТ с нагрузкой на стопу [29]. Использование данного подхода значительно упрощает процесс диагностики деформаций стопы, предоставляя возможность послойного исследования области интереса, построения мультипланарных и 3D-реконструкций, измерения плотности костной ткани на разных анатомических участках, а также точной оценки угловых параметров, описанных выше.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература [References]

1. Терновой С.К. Основы лучевой диагностики и терапии: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012. [Ternovoy S.K. Basics of radiological diagnostics and therapy: National Guideline. Moscow: GEOTAR-Media; 2012 (in Russ.).]
2. Свириденко А.И., Лашковский В.В. Биомеханика и коррекция дисфункций стоп. Гродно: ГрГУ им. Я. Купалы; 2009. [Sviridenko A.I., Lashkovskiy V.V. Biomechanics and correction of feet dysfunctions. Grodno; 2009 (in Russ.).]
3. Миронов С.П., Котельников Г.П. Ортопедия: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008. [Mironov S.P., Kotelnikov G.P. Ortho-

- paedics: National Guideline. Moscow: GEOTAR-Media; 2008 (in Russ.).]
4. Булатов А.А., Емельянов В.Г., Михайлов К.С. Плоско-вальгусная деформация стоп у взрослых (обзор иностранной литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2017; 23 (2): 102–14. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114 [Bulatov A.A., Emel'yanov V.G., Mikhaylov K.S. Adult acquired flatfoot deformity (review). *Travmatologiya i Ortopediya Rossii (Traumatology and Orthopedics of Russia)*. 2017; 23 (2): 102–14. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-102-114 (in Russ.).]
 5. Bubra P.S., Keighley G., Rateesh S., Carmody D. Posterior tibial tendon dysfunction: an overlooked cause of foot deformity. *J. Family Med. Prim. Care*. 2015; 4 (1): 26–9. DOI: 10.4103/2249-4863.152245
 6. Щекин В.М., Кацуба А.М., Ермолаев В.В. Рентгенологические аспекты военно-врачебной экспертизы. 14 февраля 2009. <https://radiomed.ru/publications/rientghienologichieskie-aspekty-voienno-vrachebnoi-ekspiertizy-shchiekin-vm-katsuba> [Shchekin V.M., Katsuba A.M., Ermolaev V.V. Roentgenologic aspects of military medical examination. Available at: <https://radiomed.ru/publications/rientghienologichieskie-aspekty-voienno-vrachebnoi-ekspiertizy-shchiekin-vm-katsuba> (in Russ.).]
 7. Crevoisier X., Assal M., Stanekova K. Hallux valgus, ankle osteoarthritis and adult acquired flatfoot deformity: a review of three common foot and ankle pathologies and their treatments. *EFORT Open Rev*. 2017; 1 (3): 58–64. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000015
 8. Nix S., Smith M., Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J. Foot. Ankle. Res*. 2010; 3: 21. DOI: 10.1186/1757-1146-3-21
 9. Golightly Y.M., Hannan M.T., Dufour A.B., Renner J.B., Jordan J.M. Factors associated with hallux valgus in a community-based cross-sectional study of adults with and without osteoarthritis. *Arthr. Care Res. (Hoboken)*. 2015; 67 (6): 791–8. DOI: 10.1002/acr.22517
 10. Tanaka Y., Takakura Y., Takaoka T., Akiyama K., Fujii T., Tamai S. Radiographic analysis of hallux valgus in women on weightbearing and non-weightbearing. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1997; 336: 186–94.
 11. Papaliodis D.N., Vanushkina M.A., Richardson N.G., DiPrete J.A. The foot and ankle examination. *Med. Clin. North. Am.* 2014; 98 (2): 181–204. DOI: 10.1016/j.mcna.2013.10.001
 12. Бобров Д.С., Ченский А.Д., Слияков Л.Ю., Якимов Л.А., Хурцилава Н.Д. Причины болевого синдрома у пациентов с приобретенным плоскостопием. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2015; 14 (2). [Bobrov D.S., Chenskiy A.D., Sliyakov L.Yu., Yakimov L.A., Khurtsilava N.D. Causes of pain syndrom in patients with acquired flatfoot. *Kafedra Travmatologii i Ortopedii (Department of Traumatology and Orthopedics, Russian journal)*. 2015; 14 (2) (in Russ.).]
 13. Задерей Ю.Н., Качер В.С., Гадяцкий А.В., Ковалько Н.Т., Роман Л.К., Василенко И.Н. Современные методы и средства диагностики статических деформаций стопы человека. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2009; 4 (2): 23–7. [Zaderey Yu.N., Kacher V.S., Gadyatskiy A.V., Koval'ko N.T., Roman L.K., Vasilenko I.N. Modern methods and tools of diagnosis of static deformations of the foot. *Vostochno-Evropeyskiy Zhurnal Peredovykh Tekhnologii (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Ukraine journal)*. 2009; 4 (2): 23–7 (in Russ.).]
 14. Жюха К.К., Александрович В.Л. Плоскостопие. *Новости лучевой диагностики*. 1998; 2: 12–3. [Zhokha K.K., Aleksandrovich V.L. Flatfoot. *Novosti Luchevoy Diagnostiki (News of Beam Diagnostics, Russian journal)*. 1998; 2: 12–3 (in Russ.).]
 15. Lam A., Chan J.J., Surace M.F., Vulcano E. Hallux rigidus: how do i approach it. *World J. Orthop.* 2017; 8 (5): 364–71. DOI: 10.5312/wjo.v8.i5.364
 16. Strydom A., Saragas N.P., Ferrao P.N. A radiographic analysis of the contribution of hallux valgus interphalangeus to the total valgus deformity of the hallux. *Foot Ankle Surg*. 2017; 23 (1): 27–31. DOI: 10.1016/j.fas.2015.12.005
 17. Saltzman Ch.L., El-Khoury G.Y. The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int*. 1995; 16 (9): 572–6.
 18. Hentges M.J., Moore K.R., Catanzariti A.R., Derner R. Procedure selection for the flexible adult acquired flatfoot deformity. *Clin. Podiatr. Med. Surg*. 2014; 31 (3): 363–79. DOI: 10.1016/j.cpm.2014.03.003
 19. Лашковский В.В., Мармыш А.Г. Детская и подростковая подиатрия – современные подходы к диагностике и лечению заболеваний стоп. *Новости хирургии*. 2011; 19 (2). [Lashkovskiy V.V., Marmysh A.G. Pediatric and adolescent podiatry – modern approaches to the diagnosis and treatment of foot disorders. *Novosti Khirurgii (Surgery News, Russian journal)*. 2011; 19 (2) (in Russ.).]
 20. Crim Julia R. Imaging anatomy. Knee. Ankle. Foot. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier, Inc.; 2017.
 21. <http://www.orthopaedicsone.com/display/Review/Hallux+Valgus> (accessed 20.08.2017).
 22. Кондрашова И.А., Давлетова Н.А., Кондрашов А.Н. Клинико-рентгенологические аспекты диагностики Hallux valgus и поперечного плоскостопия. *Травма*. 2013; 14 (4): 81–6. [Kondrashova I.A., Davletova N.A., Kondrashov A.N. Clinical-radiological aspects of diagnosis Hallux valgus and transverse flatfoot. *Travma (Trauma, Russian journal)*. 2013; 14 (4): 81–6 (in Russ.).]
 23. Ceccarini P., Rinonapoli G., Nardi A., Bisaccia M., Di Giacomo L.M., Caraffa A. Bunionette. *Foot Ankle Spec*. 2017; 10 (2): 157–61. DOI: 10.1177/1938640016679696
 24. Aebi J., Horisberger M., Frigg A. Radiographic study of pes planovarus. *Foot Ankle Int*. 2017; 38 (5): 526–31. DOI: 10.1177/1071100717690440
 25. Chueire A.J., Carvalho Filho G., Kobayashi O.Y., Carrenho L. Treatment of congenital clubfoot using Ponseti method. *Rev. Bras. Ortop*. 2016; 51 (3): 313–8. DOI: 10.1016/j.rboe.2015.06.020
 26. Tóth K., Kellermann P., Wellinger K. Fixation of Akin osteotomy for hallux abductus with absorbable suture. *Arch. Orthop. Trauma. Surg*. 2010; 130 (10): 1257–61. DOI: 10.1007/s00402-009-1024-4
 27. Ильминский А.В., Колесник А.И., Кузин Ю.Ф., Андрианов В.А. Отдаленные результаты оперативного лечения поперечной распластанности стопы с вальгусной деформацией первого пальца комбинированной методикой. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2008; 2: 53–60. [Il'minskiy A.V., Kolesnik A.I., Kuzin Yu.F., Andrianov V.A. Long-term results of surgical treatment of transversally broad foot with valgus deformity by combined technique. *Kurskiy Nauchno-Prakticheskiy Vestnik "Chelovek i Ego Zdorov'e" (Kursk Scientifically-Practical Journal "Persons and His Health", Russian journal)*. 2008; 2: 53–60 (in Russ.).]
 28. Tuominen E.K., Kankare J., Koskinen S.K., Mattila K.T. Weight-bearing CT imaging of the lower extremity. *Am. J. Roentgenol*. 2013; 200 (1): 146–8. DOI: 10.2214/AJR.12.8481
 29. Терновой С.К., Серова Н.С., Беляев А.С., Бобров Д.С., Терновой К.С. Методика функциональной мультиспиральной компьютерной томографии в диагностике плоскостопия взрослых. *REJR*. 2017; 7 (1): 94–100. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-1-94-100 [Ternovoy S.K., Serova N.S., Belyaev A.S., Bobrov D.S., Ternovoy K.S. Methodology of functional multispiral computed tomography in the diagnosis of adult flatfoot. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2017; 7 (1): 94–100. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-1-94-100 (in Russ.).]

Поступила 01.09.2017

Принята к печати 15.09.2017