

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL RESEARCH

УДК 616-089.819

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-7-17>**ПОКАЗАТЕЛИ ФРАКЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ ВЕЩЕСТВА ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

¹Н. В. Марченко^{ORCID}, ¹Д. Ю. Новокионов^{ORCID*}, ¹Е. Ю. Шевченко^{ORCID}, ¹М. А. Бедова^{ORCID}, ¹Р. В. Алиев^{ORCID}, ¹Д. Л. Дубицкий^{ORCID},
¹А. В. Климкин^{ORCID}, ^{1,2}В. Б. Войтенков^{ORCID}, ^{1,3}Н. В. Скрипченко^{ORCID}

¹Детский научно-клинический центр инфекционных болезней, Санкт-Петербург, Россия

²Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий,
Москва, Россия

³Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография (ДТ-МРТ) на данный момент является изученной и применяемой в клинической практике методикой. Важное преимущество данной методики — измерение показателей фракционной анизотропии (ФА), позволяющих количественно оценить изменения в веществе головного мозга (ГМ). Авторам известны работы по исследованию значений ФА в педиатрической практике на небольших выборках и с учетом только части возрастных групп. Данная работа приводит крупную выборку пациентов и отмечает числовые показатели ФА для большинства значимых структур ГМ у обследуемых с 4 мес до 18 лет.

ЦЕЛЬ: Анализ показателей ФА анатомических структур ГМ у детей различных возрастных групп, у которых не выявлено изменений вещества ГМ при мультипараметрической МРТ, с целью дальнейшего изучения процессов развития и миелинизации структур головного мозга, а также применения данных значений в клинической практике как референсных при анализе патологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Были обследованы 153 пациента в возрасте от 4 мес до 18 лет. МРТ ГМ выполнялась по рекомендации лечащего врача в соответствии с клиническими показаниями при подозрении на инфекционный процесс в околоносовых пазухах и неврологических жалобах, без очаговой симптоматики. По возрастным группам распределение составило: до 1 года (грудной возраст) — 6 детей (3,9%); от 1 года до 3 лет (ранний детский возраст) — 14 детей (9,15%); от 3 до 7 лет (дошкольный возраст) — 39 детей (25,5%); старше 7 лет (школьный возраст и старше) — 94 ребенка (61,45%). Распределение обследованных по полу: дети мужского пола — 82 (53,6%); женского пола — 71 (46,4%). Всем пациентам выполнялась ДТ-МРТ с измерением диффузии в 15 направлениях, затем были измерены показатели ФА в 21 области белого и серого вещества ГМ. Расстановка областей интереса (ОИ/ROI) проводилась в соответствии с адаптированными под цели данного исследования зонами шкал ASPECTS и PC-ASPECTS.

Статистика: обработка полученных данных проводилась с помощью прикладных программ: Microsoft Excel, Statistica 10 с оценкой нормальности распределения значений и использованием параметрических и непараметрических критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Наиболее высокие средние численные показатели ФА для всех групп детей были выявлены в белом веществе по ходу проводящих путей ГМ: во внутренней капсуле — $0,66 \pm 0,04$; в белом веществе среднего мозга — $0,68 \pm 0,05$; на уровне варолиева моста — $0,64 \pm 0,08$; в ножках мозжечка — $0,69 \pm 0,04$. Несколько ниже показатели ФА в белом веществе других анатомических областей: в белом веществе на уровне М4 по ASPECTS — $0,50 \pm 0,08$; в затылочной доле на уровне базальных ганглиев — $0,52 \pm 0,08$; в височной доле — $0,54 \pm 0,05$. Самые низкие показатели ФА отмечены в сером веществе: в хвостатом ядре — $0,16 \pm 0,04$; в сером веществе на уровне М4 по ASPECTS — $0,12 \pm 0,04$. Наиболее выражены различия ФА у детей раннего детского и школьного возраста в ОИ, расположенных в белом веществе коры больших полушарий: в области М5 — $0,46 \pm 0,05$ против $0,54 \pm 0,05$ соответственно; в области М1 — $0,43 \pm 0,06$ против $0,51 \pm 0,06$ соответственно. В то же время различия по ФА у детей раннего детского и школьного возраста в ОИ, расположенных в белом веществе на уровне стволовых структур, выражены меньше: на уровне варолиева моста — $0,6 \pm 0,07$ против $0,64 \pm 0,07$ соответственно; на уровне ножек мозжечка — $0,68 \pm 0,04$ против $0,69 \pm 0,04$ соответственно. Данные числовые показатели иллюстрируют и дополнительно подтверждают известные представления о развитии и формировании проводящих путей и о процессах их миелинизации. Также они отражают известные данные о структурных и функциональных различиях серого и белого вещества ГМ.

ОБСУЖДЕНИЕ: Определено достоверное повышение показателей ФА у детей старше 7 лет в сравнении с группами детей меньшего возраста в белом веществе корковых структур ГМ. При этом в области стволовых структур достоверных возрастных различий ФА нет. Также было выявлено, что у дошкольников в сравнении с детьми от 1 до 3 лет ФА белого вещества повышается в области хвостатого ядра и среднего мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Полученные нормативные числовые значения ФА в дальнейшем могут быть широко применимы в клинической практике в качестве референсных при выполнении ДТ-МРТ и оценки как нейроинфекционных, так и других патологических изменений вещества ГМ у детей. Выявленные различия в возрастных группах свидетельствуют о более раннем развитии стволовых структур ГМ, в то время как субкортикально-кортикальные области больших полушарий развиваются и миелинизируются в течение более длительного времени.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мультипараметрическая магнитно-резонансная томография, диффузионно-тензорная МРТ, дети, головной мозг, фракционная анизотропия

*Для корреспонденции: Новокионов Дмитрий Юрьевич, e-mail: dunov7@yandex.ru

Для цитирования: Марченко Н.В., Новокионов Д.Ю., Шевченко Е.Ю., Бедова М.А., Алиев Р.В., Дубицкий Д.Л., Клишкин А.В., Войтенков В.Б., Скрипченко Н.В. Показатели фракционной анизотропии вещества головного мозга у здоровых детей: когортное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 3. С. 7–17, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-7-17>.

FRACTIONAL ANISOTROPY VALUES OF BRAIN MATTER AMONG HEALTHY CHILDREN: COHORT STUDY

¹Natalia V. Marchenko¹, ¹Dmitry Yu. Novokshonov^{1*}, ¹Elena Yu. Shevchenko¹, ¹Mariia A. Bedova¹,
¹Ramiz V. Aliev¹, ¹Dmitry L. Dubitsky¹, ¹Andrey V. Klimkin¹, ^{1,2}Vladislav B. Voitenkov¹,
^{1,3}Natalia V. Skripchenko¹

¹Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, St. Petersburg, Russia

²Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies, Moscow, Russia

³St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: Diffusion-tensor magnetic resonance imaging (DT-MRI) is currently a well studied and applied in clinical practice technique. An important advantage of this technique is the measurement of fractional anisotropy (FA) values, which make it possible to quantify changes in brain matter. The authors are aware of publications on the study of FA values among children in small groups including only a part of ages. This work presents study of FA among large amount of examined children and notes values of FA for most of the significant structures of the brain in subjects from 4 months to 18 years of age.

OBJECTIVE: Analysis of the FA values of the anatomical structures of the brain in children of different age groups who did not reveal changes in the brain matter during multiparametric MRI, in order to further study the processes of development and myelination of brain structures, as well as the use of these values in clinical practice as reference values in the analysis of pathology.

MATERIALS AND METHODS: 153 patients aged from 4 months to 18 years were examined. MRI of brain was performed on the recommendation of the attending physician in accordance with clinical indications in case of suspected infection in the paranasal sinuses and neurological complaints, without focal symptoms. Distribution of examined children by age groups was: up to 1 year (infant age) — 6 children (3.9%); from 1 year to 3 years (early childhood) — 14 children (9.15%); from 3 to 7 years old (preschool age) — 39 children (25.5%); older than 7 years (school age and older) — 94 children (61.45%). Distribution of the examined by gender: male children — 82 (53.6%); female — 71 (46.4%). DT-MRI was applied to all patients with measurement of diffusion in 15 directions, and then FA values were measured in 21 areas of the white and gray matter of the brain. The regions of interest (ROI) were arranged in accordance with the zones of the ASPECTS and PC-ASPECTS scales adapted for the purposes of this study.

Statistics: processing of the received data was carried out using application programs: Microsoft Excel, Statistica 10 with an assessment of the normality of the distribution of values and the use of parametric and nonparametric criteria.

RESULTS: The highest mean numerical values of FA for all groups of children were found in the white matter along neural pathways: 0.66 ± 0.04 for the internal capsule; 0.68 ± 0.05 — in the white matter of the midbrain; 0.64 ± 0.08 — at the level of the pons; 0.69 ± 0.04 — in the cerebellar peduncles. The FA indices in the white matter of other anatomical regions are slightly lower: 0.50 ± 0.08 — for white matter at the M4 level according to ASPECTS; 0.52 ± 0.08 — in the occipital lobe at the level of the basal ganglia; 0.54 ± 0.05 — in the temporal lobe. The lowest FA values appeared in the gray matter: 0.16 ± 0.04 — in the caudate nucleus; 0.12 ± 0.04 — in the gray matter at the M4 level according to ASPECTS. The most pronounced differences in FA in children of early childhood and school age appeared in the ROI located in the white matter of the cerebral cortex: in the area of M5 0.46 ± 0.05 versus 0.54 ± 0.05 , respectively; in the area of M1 0.43 ± 0.06 versus 0.51 ± 0.06 , respectively. At the same time, differences in FA in children of early childhood and school age in ROI located in the white matter at the level of stem structures are less pronounced: at the level of the pons 0.6 ± 0.07 versus 0.64 ± 0.07 , respectively; at the level of the cerebellar peduncles 0.68 ± 0.04 versus 0.69 ± 0.04 , respectively. These numerical indicators illustrate and additionally confirm the known ideas about the development and formation of neural pathways and about the processes of their myelination. They also reflect the known data on the structural and functional dif-

ferences between the gray and white matter of the brain. A significant increase of the FA values in children older than 7 years was determined in comparison with groups of younger children in the white matter of the cortical structures of the brain. At the same time, there are no significant age-related differences of FA in the region of brainstem. It was also found that in preschoolers, compared with children from 1 to 3 years old, white matter FA increases in the region of the caudate nucleus and midbrain.

CONCLUSION: The obtained normative values of FA can later be widely used in clinical practice as reference ones when performing DT-MRI and assessing neuroinfectious and other pathological changes in the brain matter in children. The revealed differences in age groups indicate an earlier development of brainstem structures, while the subcortical-cortical areas of the cerebral hemispheres develop and myelinate over a longer time.

KEYWORDS: multiparametric magnetic resonance imaging, diffusion tensor MRI, children, brain, fractional anisotropy

*For correspondence: Dmitry Yu. Novokshonov, e-mail: dunov7@yandex.ru

For citation: Marchenko N.V., Novokshonov D. Yu., Shevchenko E.Yu. Bedova M.A., Aliev R.V., Dubitsky D.L., Klimkin A.V., Voitenkov V.B., Skripchenko N.V. Fractional anisotropy values of brain matter among healthy children: cohort study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 3. P. 7–17, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-7-17>.

Введение. Диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография (ДТ-МРТ) на данный момент является изученной и применяемой в клинической практике методикой. В аспекте клинико-диагностического применения важным преимуществом ДТ-МРТ является возможность расчета показателей фракционной анизотропии (ФА). ФА отражает направленность диффузии молекул воды в веществе, что, в свою очередь, применительно к нейровизуализации, и в частности к МРТ головного мозга (ГМ), позволяет судить о процессах миелинизации его белого вещества и целостности проводящих путей.

При помощи измерения ФА в области изменений вещества ГМ становится возможной количественная оценка степени повреждения нервных волокон и вещества ГМ при различных патологических процессах [1, с. 626]. При этом ДТ-МРТ представляет как возможность количественной оценки изменений, ранее визуализированных на изображениях, полученных при выполнении структурных последовательностей сканирования (T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR), так и изменений микроструктуры вещества ГМ, не визуализированных на структурных последовательностях [2, с. 517]. В частности, к таким изменениям можно отнести процессы, сопровождающиеся повреждением миелиновых оболочек и изменением внеклеточного пространства.

Исходя из этого основными направлениями применения ДТ-МРТ в клинической практике у взрослых пациентов являются предоперационное планирование в нейроонкологии, а также диагностика ишемических изменений в веществе ГМ, аномалий развития, неопухолевых заболеваний ГМ [3, с. 655]¹.

Также известны работы, в которых были исследованы показатели ДТ-МРТ среди условно-здоровых

взрослых разных возрастных и гендерных групп [4, с. 16].

Тем не менее в педиатрической практике методика ДТ-МРТ, в частности показатели ФА в разных возрастных группах, изучена в меньшей степени.

Из известных авторам публикаций о применении ДТ-МРТ в педиатрии значимая часть посвящена сравнению данных МР-исследований (в том числе показателей ФА) у рожденных в срок и у недоношенных детей [5, с. 356; 6, с. 336; 7, с. 355], в том числе с сопоставлением данных, полученных при ДТ-МРТ, и результатов исследований когнитивных способностей. Также проведены исследования практического применения ДТ-МРТ при обследовании детей с детским церебральным параличом [8, с. 72].

Исследования ФА у детей без выявленной патологии ГМ также проводились ранее. В частности, были исследованы показатели ФА мозолистого тела у 45 пациентов различных возрастных групп (от 2 мес до 24 лет). Выявлено достоверное увеличение объема и протяженности волокон валика и колена мозолистого тела, коррелирующее с возрастом, свидетельствующее о продвижении физиологической миелинизации нервных волокон². Другие исследования по измерению показателей ФА для изучения процессов миелинизации у детей проводились также на относительно небольших группах обследованных, при этом пациенты были старше 6 лет [9, с. 1230; 10, с. 1850; 11, с. 418].

Несмотря на проведенные ранее исследования, на данный момент авторам неизвестны работы по изучению показателей ФА, проведенные на большой выборке пациентов детского возраста в различных возрастных группах, включающих пациентов грудного и раннего детского возраста, в которых были бы приведены значения ФА для подавляющего большинства функционально значимых структур ГМ.

¹ Ефимцев А.Ю. Возможности диффузионной тензорной магнитно-резонансной томографии в оценке поражения проводящих путей при неопухолевых заболеваниях головного мозга: дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2011. 151 с.

² Поздняков А.В., Тащилкин А.И. Исследование изменений проводящих систем головного мозга детей методом диффузионно-тензорной томографии в разных возрастных группах // Перспективы развития современной медицины. Воронеж, 2014. С. 69.

Таким образом, получение этих сведений при анализе относительно больших объемов данных остается актуальной задачей для исследования. Полученные нормальные значения ФА необходимы для дальнейшего изучения процессов миелинизации вещества ГМ как в рамках дальнейшей динамической оценки ФА одной структуры в разных возрастных группах, так и с целью сравнения степени миелинизации разных анатомических структур ГМ у отдельных пациентов. Отдельный интерес для дальнейших исследований представляет сравнение нормальных показателей ФА с показателями пациентов с подтвержденными нейроинфекционными заболеваниями с целью изучения вовлечения в патологический процесс структур ГМ, интактных на структурных последовательностях МРТ.

Цель. Анализ показателей ФА анатомических структур ГМ у детей разных возрастных групп, у которых не выявлено изменений вещества ГМ при мультипараметрической МРТ, для дальнейшего изучения процессов развития и миелинизации структур головного мозга, а также применения данных значений как референсных при диагностике нейроинфекционной и иной патологии ГМ у детей в клинической практике.

Материалы и методы. Направление клинической деятельности в Детском научно-клиническом центре инфекционных болезней (ДНКЦИБ) включает в себя обследование и лечение пациентов детского возраста как инфекционного, так и неврологического профиля, в частности нейроинфекционного. В связи с этим у коллектива авторов была возможность составить большую выборку МР-исследований ГМ у пациентов детского возраста, обследованных в ДНКЦИБ в период с 2019 по 2021 г. Все обследованные дети были направлены на МР-исследование ГМ врачами — педиатрами, неврологами либо инфекционистами — по клиническим показаниям, при этом очаговая неврологическая симптоматика и общинфекционный синдром у детей отсутствовали.

Всего были оценены показатели ФА у 153 детей. По возрастным группам распределение обследуемых следующее: в возрасте до 1 года (грудной возраст) — 6 детей (3,9%); от 1 года до 3 лет (ранний детский возраст) — 14 детей (9,15%); от 3 до 7 лет (дошкольный возраст) — 39 детей (25,5%); старше 7 лет (школьный возраст и старше) — 94 ребенка (61,45%). Распределение по полу было относительно равным: дети мужского пола — 82 (53,6%); женского пола — 71 (46,4%).

Всем обследованным выполнялась мультипараметрическая МРТ ГМ, в которую у всех были включены структурные последовательности (T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR) и последовательности, взвешенные по магнитной восприимчивости (SWI). Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) с последующим построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) и диффузионно-тензорные изображе-

ния (ДТИ) также были получены у всех обследованных в выборке. МР-спектроскопия и МР-перфузия выполнялись у части детей при наличии клинических показаний. У всех включенных в исследование при проведении мультипараметрической МРТ не было выявлено значимых изменений вещества ГМ во всех выполненных последовательностях. Информированное согласие детей и/или их законных представителей было получено, работа проводилась после ее оценки локальным этическим комитетом. Исследование носило когортный характер.

Время проведения мультипараметрической МРТ составляло около 30 мин, из которых получение ДТИ занимало около 5 мин.

Пациентам раннего детского возраста, неспособным находиться в томографе неподвижно в течение времени сканирования по причине гипербильности, исследование выполнялось также только при наличии клинических показаний, при анестезиологическом пособии. Время исследования позволило провести сбор необходимых данных без увеличения доз анестезиологических препаратов. Допустимая продолжительность анестезиологического пособия определялась врачом-анестезиологом.

Все исследования выполнялись на томографе Ingenia (Филипс) с индукцией магнитного поля 1,5 тесла. ДТ-МРТ выполнялись при следующих параметрах сканирования: b-фактор 800 с/мм², TE — 84 мс, TR 2,9 с, Flip Angle 90°, FOV 224 мм, толщина среза 2,5 мм. Измерение диффузии проводилось в 15 разных направлениях.

В дальнейшем на рабочей станции проводилась постпроцессорная обработка полученных данных при помощи программного обеспечения (Philips IntelliSpace Portal) с построением цветных карт фракционной анизотропии, при которых цветовое картирование отображало числовые значения ФА.

Показатели ФА у всех пациентов были собраны в 21 области интереса (ОИ (ROI)) при помощи построения циркулярной ОИ. Так как оценка ДТИ и ФА является операторо-зависимой методикой ввиду ручной расстановки ОИ, применение циркулярной ОИ может в большей степени стандартизировать сбор данных. Площадь для всех ОИ составляла 5 мм². Из всех ОИ в белом веществе были расположены 13, в сером веществе — 8 (рис. 1).

Для обозначения данных ОИ использовались следующие сокращения:

- ФА_M1_БГ — ФА ОИ М1 на уровне базальных ганглиев;
- ФА_M2_БГ — ФА ОИ М2 на уровне базальных ганглиев;
- ФА_M3_БГ — ФА ОИ М3 на уровне базальных ганглиев;
- ФА_I_БГ — ФА островковой доли;
- ФА_L_БГ — ФА чечевицеобразного ядра;
- ФА_IC_БГ — ФА внутренней капсулы;
- ФА_C_БГ — ФА хвостатого ядра;

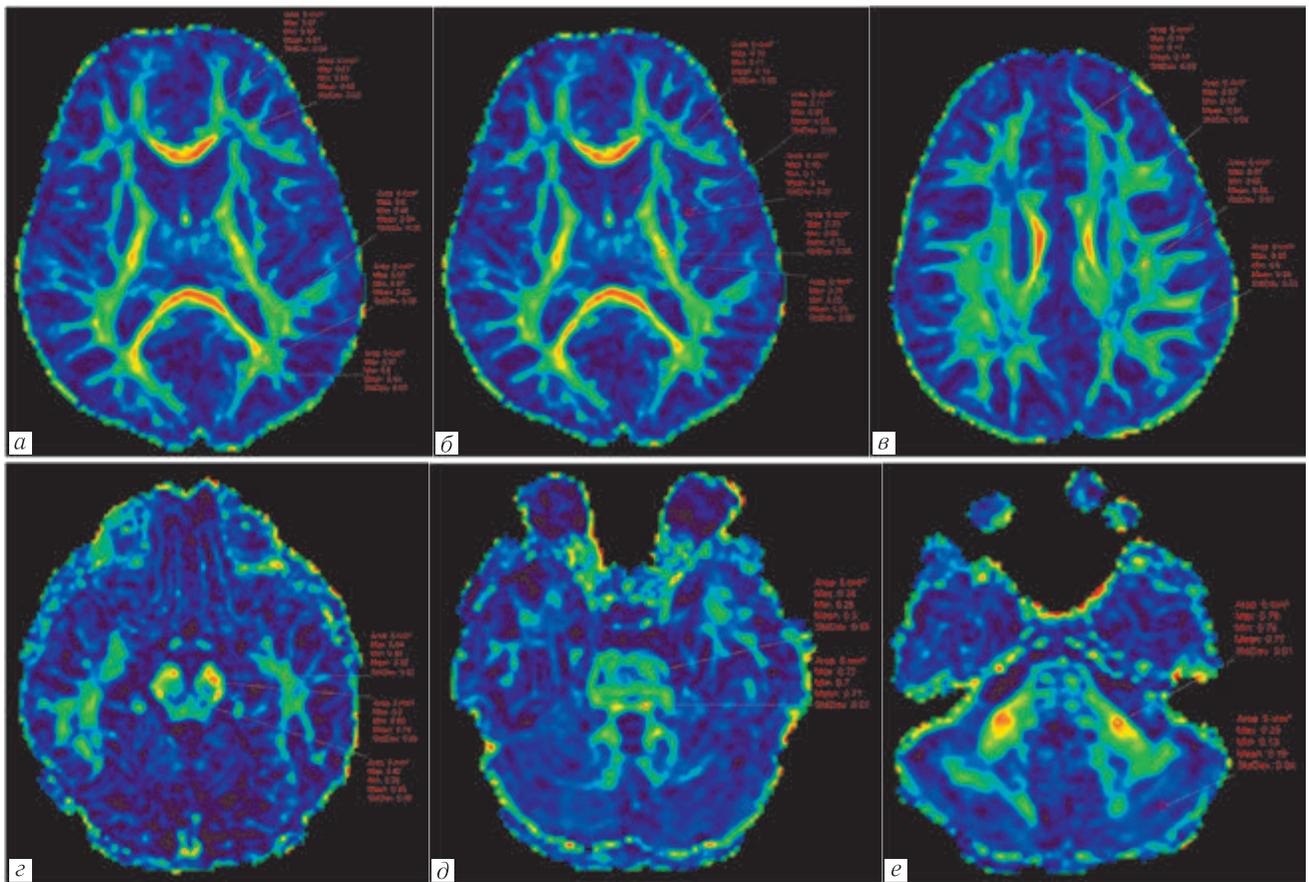


Рис. 1. Примеры измерения ФА у пациента 5 лет: *а, б* — измерения показателей ФА белого и серого вещества на уровне базальных ганглиев; *в* — аналогичные измерения на уровне лучистого венца; *г* — измерения показателей ФА среднего мозга и белого вещества височной доли; *д* — измерения показателей ФА моста; *е* — измерения показателей ФА мозжечка

Fig. 1. Examples of fractional anisotropy measurement in a 5-year-old patient: *a, б* — measurements of fractional anisotropy indices of white and gray matter at the level of the basal ganglia; *в* — similar measurements at the level of the radiant crown; *г* — measurements of fractional anisotropy of the midbrain and white matter of the temporal lobe; *д* — measurements of fractional anisotropy of pons; *е* — measurements of fractional anisotropy of cerebellum

- ФА_M4_бел_ЛВ — ФА ОИ в белом веществе М4 на уровне лучистого венца;
- ФА_M4_сер_ЛВ — ФА ОИ в сером веществе М4 на уровне лучистого венца;
- ФА_M5_ЛВ — ФА ОИ М5 на уровне лучистого венца;
- ФА_M6_ЛВ — ФА ОИ М6 на уровне лучистого венца;
- ФА_T_ЗМА — ФА таламуса;
- ФА_OL_БГ_ЗМА — ФА затылочной доли на уровне базальных ганглиев;
- ФА_M_сер_ЗМА — ФА серого вещества среднего мозга;
- ФА_M_бел_ЗМА — ФА белого вещества среднего мозга;
- ФА_TL_ЗМА — ФА белого вещества височной доли;
- ФА_PS_сер_ЗМА — ФА серого вещества моста;
- ФА_PS_бел_ЗМА — ФА белого вещества моста;
- ФА_Cer_сер_ЗМА — ФА серого вещества мозжечка;

- ФА_Cer_ножки — ФА белого вещества мозжечка;
- ФА_FL_БГ_ЗМА — ФА лобной доли на уровне базальных ганглиев.

Для определения локализации ОИ использовались области измерения ОИ вещества ГМ в соответствии с его оценкой по шкалам ASPECTS и PC-ASPECTS, адаптированные под задачи исследования (рис. 2, 3). Несмотря на то, что данные шкалы были разработаны для метода компьютерной томографии (КТ) с целью оценки ишемических изменений ГМ, ОИ, представленные в этих шкалах, захватывают большую часть анатомически и физиологически значимых структур ГМ, при этом стандартизируя и тем самым упрощая сбор данных. Также ОИ, расположенные таким образом, легко сопоставимы с бассейнами артериального кровоснабжения ГМ. Были введены дополнительные ОИ для оценки ФА белого вещества в области лобной, теменных и затылочных долей, на уровне базальных ганглиев и среднего мозга соответственно. В связи с отсутствием патологических изменений ГМ измерения проводились унилатерально, преимущественно слева.

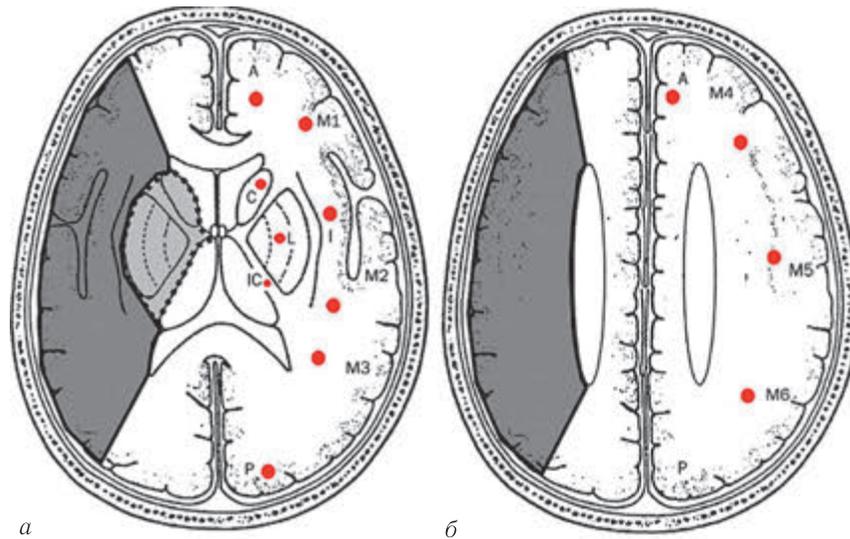


Рис. 2. Схема сбора данных на уровне базальных ганглиев и конвекситальных отделов головного мозга с маркировкой согласно ASPECTS [12, с. 1536]: *а* — ОИ при измерении ФА на уровне базальных ганглиев; *б* — ОИ при измерении ФА в структурах бассейна кровоснабжения передней, средней и задней мозговых артерий. I — островковая доля; L — чечевицеобразное ядро; IC — внутренняя капсула; C — головка хвостатого ядра; А — бассейн передней мозговой артерии; P — бассейн задней мозговой артерии; M1–M6 — корковые области бассейна кровоснабжения средней мозговой артерии

Fig. 2. Scheme of data collection at the level of the basal ganglia and convexital regions of the brain according ASPECTS [12, с. 1536]: *a* — ROI placement when measuring fractional anisotropy at the level of the basal ganglia; *б* — ROI placement when measuring fractional anisotropy in the regions which are blood supplied by anterior, middle, and posterior cerebral arteries. I — insular lobe; L — lenticular nucleus; IC — internal capsule; C — head of the caudate nucleus; A — pool of blood supply to anterior cerebral artery; P — pool of blood supply to posterior cerebral artery; M1–M6 — cortical areas pool of blood supply to the middle cerebral artery



Рис. 3. Схема сбора данных на уровне кровоснабжения головного мозга задними мозговыми и вертебробазиллярными артериями в соответствии со шкалой ASPECTS [12, с. 1536]: *а* — ОИ при измерении ФА на уровне зрительных бугров и затылочных долей; *б* — ОИ при измерении ФА на уровне среднего мозга; *в* — ОИ при измерении ФА в структурах моста и мозжечка. OL — затылочная доля на уровне базальных ганглиев; TL — височная доля; T — таламус; PS — мост; M — средний мозг; Cer — мозжечок

Fig. 3. Scheme of data collection at the level of blood supply to the posterior cerebral and vertebrobasilar arteries according to ASPECTS scale [12, p. 1536]: *a* — ROI placement when measuring fractional anisotropy at the level of the thalamus and occipital lobes; *б* — ROI placement when measuring fractional anisotropy at the level of the midbrain; *в* — ROI placement when measuring fractional anisotropy in the structures of the pons and cerebellum. OL — occipital lobe at the level of the basal ganglia; TL — temporal lobe; T — thalamus; PS — pons; M — midbrain; Cer — cerebellum

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью прикладных программ Microsoft Excel, Statistica 10. Проводилась оценка нормальности распределения с использованием критериев Шапиро–Уилка, Колмогорова–Смирнова.

Для оценки разницы между двумя независимыми выборками для нормально распределенных значений использовался параметрический t-критерий Стьюдента, для остальных — U-критерий Манна–Уитни, уровень значимости принят $p=0,05$. Были

Таблица 1

Средние значения фракционной анизотропии всех обследованных детей (M — среднее значение, SD — стандартное отклонение, min — минимальное значение, max — максимальное значение)

Table 1

Mean values of fractional anisotropy of all examined children (M — mean value, SD — standard deviation, min — minimum value, max — maximum value)

Область измерения	M±SD	min-max
ФА_M1_БГ	0,48±0,07	0,26–0,62
ФА_M2_БГ	0,51±0,08	0,25–0,67
ФА_M3_БГ	0,53±0,07	0,30–0,67
ФА_I_БГ	0,15±0,04	0,07–0,25
ФА_L_БГ	0,13±0,03	0,05–0,22
ФА_IC_БГ	0,66±0,04	0,50–0,78
ФА_C_БГ	0,16±0,04	0,07–0,27
ФА_M4_бел_ЛВ	0,50±0,08	0,23–0,65
ФА_M4_сер_ЛВ	0,12±0,04	0,06–0,49
ФА_M5_ЛВ	0,51±0,07	0,31–0,69
ФА_M6_ЛВ	0,52±0,07	0,32–0,67
ФА_T_ЗМА	0,22±0,04	0,08–0,33
ФА_OL_БГ_ЗМА	0,52±0,08	0,24–0,68
ФА_M_сер_ЗМА	0,31±0,06	0,13–0,49
ФА_M_бел_ЗМА	0,68±0,05	0,53–0,78
ФА_TL_ЗМА	0,54±0,05	0,41–0,66
ФА_PS_сер_ЗМА	0,31±0,06	0,15–0,58
ФА_PS_бел_ЗМА	0,64±0,08	0,41–0,78
ФА_Cег_сер_ЗМА	0,18±0,03	0,11–0,26
ФА_Cег_ножки_ЗМА	0,69±0,04	0,58–0,82
ФА_FL на уровне ганглиев_ПМА	0,51±0,07	0,30–0,68

рассчитаны средние значения ФА каждой ОИ, проводилась оценка достоверности различий показателей в зависимости от пола, возраста, анатомической области.

Результаты. Средние значения ФА разных возрастных групп представлены в табл. 1–4.

Определено достоверное повышение показателя ФА у детей старше 7 лет в сравнении с группами детей меньшего возраста в белом веществе в следующих ОИ: M1-M6, IC, FL, OL. При этом в островковой доле, чечевицеобразном ядре, височной доле и таламусе, а также в стволе и мозжечке достоверных возрастных различий ФА нет (табл. 3, 4). Также было выявлено, что у дошкольников в сравнении с детьми от 1 до 3 лет ФА белого вещества повышается в области головки хвостатого ядра (C) и среднего мозга (M) (см. табл. 2).

Вне зависимости от возраста в сером веществе в области M4, чечевицеобразном ядре, хвостатом ядре, островковой доле, таламусе и сером веществе среднего мозга и моста, а также мозжечка значения ФА ниже, чем в остальных областях (рис. 4).

Обсуждение. Были разработаны нормативные показатели ФА у детей в возрасте от 4 мес до 18 лет.

Таблица 2

Показатели фракционной анизотропии у детей раннего детского и дошкольного возраста (M — среднее значение, SD — стандартное отклонение)

Table 2

Fractional anisotropy values in children of early childhood and preschool age (M — mean value, SD — standard deviation)

Область измерения	ФА у детей раннего детского возраста, M±SD	ФА у детей дошкольного возраста, M±SD	p
ФА_M1_БГ	0,43±0,06	0,45±0,08	0,573882
ФА_M2_БГ	0,47±0,07	0,46±0,1	0,801878
ФА_M3_БГ	0,47±0,07	0,5±0,09	0,248352
ФА_I_БГ	0,14±0,03	0,16±0,04	0,156189
ФА_L_БГ	0,14±0,03	0,14±0,03	0,634340
ФА_IC_БГ	0,65±0,06	0,65±0,05	0,950765
ФА_C_БГ	0,13±0,03*	0,17±0,03*	0,000425
ФА_M4_бел_ЛВ	0,46±0,09	0,46±0,09	0,936860
ФА_M4_сер_ЛВ	0,12±0,02	0,14±0,07	0,520680
ФА_M5_ЛВ	0,46±0,05	0,48±0,09	0,552055
ФА_M6_ЛВ	0,49±0,07	0,49±0,09	0,773249
ФА_T_ЗМА	0,21±0,02	0,21±0,05	0,633210
ФА_OL_БГ_ЗМА	0,49±0,05	0,47±0,09	0,567061
ФА_M_сер_ЗМА	0,28±0,06	0,3±0,06	0,187771
ФА_M_бел_ЗМА	0,63±0,05*	0,68±0,05*	0,003841
ФА_TL_ЗМА	0,51±0,05	0,53±0,05	0,471427
ФА_PS_сер_ЗМА	0,29±0,05	0,31±0,05	0,104767
ФА_PS_бел_ЗМА	0,6±0,07	0,64±0,09	0,181236
ФА_Cег_сер_ЗМА	0,18±0,03	0,19±0,03	0,124911
ФА_Cег_ножки_ЗМА	0,68±0,04	0,69±0,05	0,327200
ФА_FL на уровне ганглиев_ПМА	0,48±0,05	0,47±0,09	0,671346

* p<0,05 между группами детей.

Полученные числовые значения включают все основные анатомические и функционально значимые структуры ГМ, соотносясь как с современными представлениями о физиологии ГМ, так и с областями его артериального кровоснабжения. Полученные числовые значения могут в дальнейшем применяться в клинической практике как референсные для оценки структур ГМ при нейроинфекционных и других патологических изменениях. В частности, значительный интерес для дальнейшего изучения представляет тема вовлечения в патологический процесс структур ГМ, интактных на общепринятых структурных МР-последовательностях, при нейроинфекциях, протекающих по типу энцефалита. Выявление подобных изменений может иметь принципиальное значение в диагностике нейроинфекционных процессов у детей, влиять на прогноз течения заболевания в острую фазу, а также в долгосрочном периоде после реконвалесценции. В том числе представляет интерес корреляция показателей ФА в острый

Таблица 3

Показатели фракционной анизотропии у детей раннего детского и школьного возраста (M — среднее значение, SD — стандартное отклонение)

Table 3

Fractional anisotropy values in children of early childhood and school age (M — mean value, SD — standard deviation)

Область измерения	ФА у детей раннего детского возраста, M±SD	ФА у детей школьного возраста, M±SD	p
ФА_M1_БГ	0,43±0,06*	0,51±0,06*	0,000014
ФА_M2_БГ	0,47±0,07*	0,54±0,06*	0,000313
ФА_M3_БГ	0,47±0,07*	0,55±0,05*	0,000001
ФА_I_БГ	0,14±0,03	0,15±0,04	0,715970
ФА_L_БГ	0,14±0,03	0,13±0,03	0,126980
ФА_IC_БГ	0,65±0,06*	0,67±0,03*	0,023602
ФА_C_БГ	0,13±0,03*	0,16±0,04*	0,003629
ФА_M4_бел_ЛВ	0,46±0,09*	0,53±0,06*	0,000151
ФА_M4_сер_ЛВ	0,12±0,02	0,12±0,03	0,530833
ФА_M5_ЛВ	0,46±0,05*	0,54±0,05*	0,000006
ФА_M6_ЛВ	0,49±0,07*	0,55±0,05*	0,000998
ФА_T_ЗМА	0,21±0,02	0,22±0,04	0,131861
ФА_OL_БГ_ЗМА	0,49±0,05*	0,54±0,07*	0,009080
ФА_M_сер_ЗМА	0,28±0,06*	0,33±0,04*	0,000307
ФА_M_бел_ЗМА	0,63±0,05*	0,69±0,05*	0,000118
ФА_TL_ЗМА	0,51±0,05	0,55±0,05	0,065278
ФА_PS_сер_ЗМА	0,29±0,05	0,31±0,06	0,170746
ФА_PS_бел_ЗМА	0,6±0,07	0,64±0,07	0,066540
ФА_Cer_сер_ЗМА	0,18±0,03	0,18±0,03	0,694389
ФА_Cer_нож-ки_ЗМА	0,68±0,04	0,69±0,04	0,426310
ФА_FL на уровне ганглиев_ПМА	0,48±0,05*	0,53±0,07*	0,014195

* p<0,05 между группами детей.

период тяжело протекающих энцефалитов с последующей эффективностью реабилитационных мероприятий.

Выявленные различия ФА по возрастным группам в области стволовых и подкорковых-корковых структур позволяют судить о более раннем процессе развития и миелинизации ГМ на уровне стволовых структур, таламуса, а также височной доли. В то же время более длительное и позднее окончательное развитие происходит в корковых структурах больших полушарий (включая неокортекс). Таким образом, получены дополнительные данные, подтверждающие различную степень развития и миелинизации проводящих путей ГМ, коррелирующие с общепринятыми представлениями о постэмбриональном

Таблица 4

Показатели фракционной анизотропии у детей дошкольного и школьного возраста (M — среднее значение, SD — стандартное отклонение)

Table 4

Fractional anisotropy values in children of preschool and school age (M — mean value, SD — standard deviation)

Область измерения	ФА у детей дошкольного возраста, M±SD	ФА у детей школьного возраста, M±SD	p
ФА_M1_БГ	0,45±0,08*	0,51±0,06*	0,007354
ФА_M2_БГ	0,46±0,1*	0,54±0,06*	0,000130
ФА_M3_БГ	0,5±0,09*	0,55±0,05*	0,000001
ФА_I_БГ	0,16±0,04	0,15±0,04	0,486480
ФА_L_БГ	0,14±0,03	0,13±0,03	0,667517
ФА_IC_БГ	0,65±0,05*	0,67±0,03*	0,001479
ФА_C_БГ	0,17±0,03	0,16±0,04	0,864387
ФА_M4_бел_ЛВ	0,46±0,09*	0,53±0,06*	0,000044
ФА_M4_сер_ЛВ	0,14±0,07*	0,12±0,03*	0,000000
ФА_M5_ЛВ	0,48±0,09*	0,54±0,05*	0,000285
ФА_M6_ЛВ	0,49±0,09*	0,55±0,05*	0,000245
ФА_T_ЗМА	0,21±0,05	0,22±0,04	0,218493
ФА_OL_БГ_ЗМА	0,47±0,09*	0,54±0,07*	0,048859
ФА_M_сер_ЗМА	0,3±0,06*	0,33±0,04*	0,036902
ФА_M_бел_ЗМА	0,68±0,05	0,69±0,05	0,516039
ФА_TL_ЗМА	0,53±0,05	0,55±0,05	0,705156
ФА_PS_сер_ЗМА	0,31±0,05	0,31±0,06	0,153203
ФА_PS_бел_ЗМА	0,64±0,09	0,64±0,07	0,055814
ФА_Cer_сер_ЗМА	0,19±0,03	0,18±0,03	0,815132
ФА_Cer_нож-ки_ЗМА	0,69±0,05	0,69±0,04	0,539879
ФА_FL на уровне ганглиев_ПМА	0,47±0,09*	0,53±0,07*	0,054615

* p<0,05 между группами детей.

онтогенезе. Данные отличия показателей ФА во многом согласуются с результатами ранее проведенных исследований на меньших выборках пациентов старше 6 лет [10, с. 1852; 11, с. 426].

Различие в показателях ФА отражает различную степень организации проводящих путей ГМ, что может отражать функциональные особенности различных взаимосвязанных анатомических структур [13, с. 8]¹.

В структурах базальных ядер и коры ГМ показатели ФА значительно ниже, чем в белом веществе головного мозга в зонах прохождения трактов, что соответствует имеющимся нейроанатомическим знаниям, где серое вещество демонстрирует преобладание нейронов, и соответственно более низкие значения ФА, и в связи с отсутствием в них проводящих нервных волокон².

¹ Екушева Е.В. Сенсомоторная интеграция при поражении центральной нервной системы: клинические и патогенетические аспекты: дис. ... д-ра мед. наук / Институт повышения квалификации ФМБА. М., 2016.

² Sarnat H.B., Flores-Sarnat L. Development of the human olfactory system // Handb. Clin. Neurol. 2019. Vol. 164. P. 29–45. doi: 10.1016/B978-0-444-63855-7.00003-4.

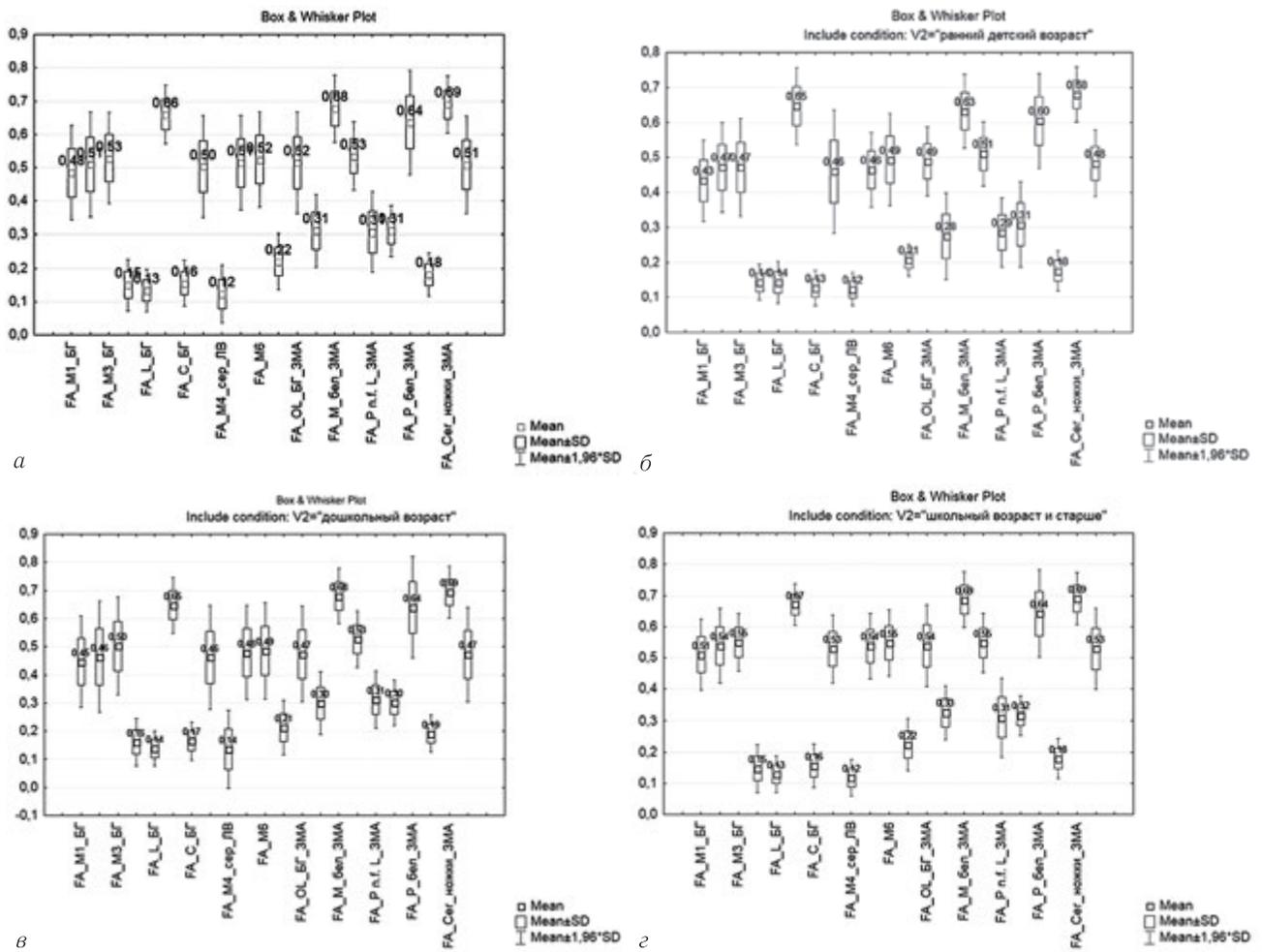


Рис. 4. Показатели FA (ФА) в различные возрастные периоды обследованных детей в зависимости от анатомической локализации. FA_M1_БГ — FA ОИ М1 на уровне базальных ганглиев; FA_M3_БГ — FA ОИ М3 на уровне базальных ганглиев; FA_L_БГ — FA чечевицеобразного ядра; FA_C_БГ — FA хвостатого ядра; FA_M4_сер — FA ОИ в сером веществе М4 на уровне лучистого венца; FA_M6_БГ — FA ОИ М6 на уровне лучистого венца; FA_OL_БГ — FA затылочной доли на уровне базальных ганглиев; FA_M_бел — FA белого вещества среднего мозга; FA_P n.f. L — FA серого вещества моста; FA_P_бел L — FA белого вещества моста; FA_Cer_ножки — FA белого вещества мозжечка. Во всех случаях, когда отдельно не отмечено измерение серого вещества, измерения подкорковых структур проводились в белом веществе: *а* — усредненные показатели среди всех возрастных групп; *б* — у пациентов раннего детского возраста (1–3 лет); *в* — у пациентов дошкольного возраста (3–7 лет); *г* — у пациентов старше 7 лет

Fig. 4. FA values of the examined children in different age periods, depending on the anatomical localization. FA_M1_БГ — FA of ROI of M1 at the level of the basal ganglia; FA_M3_БГ — FA of ROI of M3 at the level of the basal ganglia; FA_L_БГ — FA of the lenticular nucleus; FA_C_БГ — FA of the caudate nucleus; FA_M4_сер — FA of gray matter in region M4 at the level of the radiant crown; FA_M6_БГ — FA of white matter at the level of the radiant crown; FA_OL_БГ — FA of the occipital lobe at the level of the basal ganglia; FA_M_бел — FA of the white matter of the midbrain; FA_P n.f. L — FA of the grey matter of the pons; FA_P_бел L — FA of the white matter of the pons; FA_Cer_ножки — FA of the white matter of the cerebellum. In all cases where gray matter measurement was not noted, subcortical structures were measured in white matter: *a* — averaged FA values among all age groups; *б* — FA values in patients of early childhood (1–3 years); *в* — FA values in patients of preschool age (3–7 years); *г* — FA values in patients older than 7 years

Также были выявлены более высокие показатели ФА серого вещества варолиева моста и среднего мозга, что говорит о различиях дифференцировки серого и белого веществ в данных структурах, базальных ядрах и больших полушариях, в виде сгущения нейронов (ядер) в стволе мозга, расположенных по ходу проводящих путей, содержащих белое вещество. Можно предполагать, что выявленные различия могут отражать состояние головного мозга во время спокойного бодрствования, когда функ-

ционально кора менее активна, в то время как стволовые структуры продолжают возбуждаться.

Заключение. Таким образом, полученные нормативные показатели фракционной анизотропии потенциально расширяют возможности дальнейшего исследования темы диагностического использования диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии в педиатрической практике применительно ко многим клинико-диагностическим задачам.

Сведения об авторах:

Марченко Наталья Викторовна — кандидат медицинских наук, заведующий отделением лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: gmv2006@mail.ru; ORCID 0000-0002-2684-9980; SPIN-код: 9813-1529;

Новошконов Дмитрий Юрьевич — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: dunov7@yandex.ru; ORCID 0000-0002-8228-518X; SPIN-код 6716-4945.

Шевченко Елена Юрьевна — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: e.shefchenko@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6600-6796; SPIN-код 2777-6583;

Бедова Мария Алексеевна — младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела функциональных и лучевых методов диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: dr.bedova@yandex.ru; ORCID 0000-0001-8924-5300; SPIN-код 9667-3210;

Алиев Рамиз Видадиевич — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; ORCID 0000-0003-0510-4936; e-mail: alihm@mail.ru;

Дубицкий Дмитрий Леонидович — кандидат медицинских наук, заведующий кабинетом КТ, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: ddl_spb@mail.ru; ORCID 0000-0002-8277-6050; SPIN-код 6120-3730;

Климкин Андрей Васильевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности руководителя научно-исследовательского отдела функциональных и лучевых методов исследования федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; e-mail: klinkinpark@mail.ru; ORCID 0000-0002-6180-4403; SPIN-код 6309-3260;

Войтенков Владислав Борисович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; доцент кафедры нервных болезней и нейрореабилитации федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»; 125371, Москва, Волоколамское шоссе, д. 91; e-mail: vlad203@inbox.ru; ORCID 0000-0003-0448-7402; SPIN-код 6190-6930;

Скрипченко Наталья Викторовна — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заместитель директора по научной работе федерального государственного бюджетного учреждения «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства»; 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 9; заведующая кафедрой инфекционных заболеваний у детей факультета послевузовского и дополнительного профессионального образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2; e-mail: snv@niidi.ru; ORCID 0000-0001-8927-3176; SPIN-код 7980-4060.

Information about the authors:

Natalya V. Marchenko — Cand. of Sci. (Med.), Head of Radiology Department, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: gmv2006@mail.ru; ORCID 0000-0002-2684-9980; SPIN-код 9813-1529;

Dmitry Yu. Novokshonov — Radiologist of Radiology Department, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: dunov7@yandex.ru; ORCID 0000-0002-8228-518X; SPIN-код 6716-4945;

Elena Yu. Shevchenko — Radiologist of Radiology Department, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: e.shefchenko@gmail.com. ORCID 0000-0001-6600-6796; SPIN-код 2777-6583;

Maria A. Bedova — Junior Researcher of the Research Department of Neurophysiology, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: dr.bedova@yandex.ru; ORCID 0000-0001-8924-5300; SPIN-код 9667-3210;

Ramiz V. Aliev — Radiologist of Radiology Department, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; ORCID 0000-0003-0510-4936; e-mail: alihm@mail.ru;

Dmitry L. Dubitsky — Cand. of Sci. (Med.), Head of CT cabinet, Radiologist of Radiology Department, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: ddl_spb@mail.ru; ORCID 0000-0002-8277-6050; SPIN-код 6120-3730;

Andrey V. Klimkin — Cand. of Sci. (Med.), senior researcher, Acting Head of the Research Department of Neurophysiology, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: klinkinpark@mail.ru; ORCID 0000-0002-6180-4403; SPIN-код 6309-3260;

Vladislav B. Voitenkov — Cand. of Sci. (Med.), Head of Clinical Department of Neurophysiology; Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg. Associate Professor of the Department of Nervous Diseases and Neurorehabilitation of the Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Care and Medical Technologies FMBA of Russia, 91, Volokolamskoe sh., 125371 Moscow; e-mail: vlad203@inbox.ru; ORCID 0000-0003-0448-7402; SPIN-код 6190-6930;

Natalya V. Skripchenko — Dr. of Sci. (Med.), prof., Deputy Director for research in Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, 9, Prof. Popov st., 197022, St. Petersburg; e-mail: snv@niidi.ru; ORCID 0000-0001-8927-3176; SPIN-код 7980-4060.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *Н. В. Марченко, Н. В. Скрипченко*; сбор и математический анализ данных — *Д. Ю. Новошконов, Е. Ю. Шевченко, М. А. Бедова, Р. В. Алиев, Д. Л. Дубицкий, А. В. Климкин*; подготовка рукописи — *Н. В. Марченко, Д. Ю. Новошконов, Е. Ю. Шевченко, М. А. Бедова, Р. В. Алиев, Д. Л. Дубицкий, А. В. Климкин, В. Б. Войтенков, Н. В. Скрипченко*.

Author contribution. All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: *NVM, NVS* aided in the concept and plan of the study; *DYuN, EYuSh, MAB, RVA, DLD, AVK* provided collection and mathematical analysis of data; *NVM, DYuN, EYuSh, MAB, RVA, DLD, AVK, VBV, NVS* preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare no conflicts of interest.

Соответствие принципам этики: Для данного дизайна исследования утверждения этическим комитетом не требовалось.

Adherence to ethical standards: For this design, the approval of the ethics committee was not required.

Поступила в редакцию/Received: 26.07.2022

Принята к печати/ Accepted: 12.09.2022

Опубликована/ Published: 30.09.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bassar P.J., Pajevic S., Pierpaoli C., Duda J., Aldroubi A. In vivo fiber tractography using DT-MRI data. // *Magn. Reson. Med.* 2000. Vol. 44, No. 4. P. 625–632. doi: 10.1002/1522-2594(200010)44:4<625::aid-mrm17>3.0.co;2-o.
2. Ceccarelli A., Rocca M.A., Falini A. Normal-appearing white and grey matter damage in MS. // *J. Neurol.* 2007. Vol. 254. P. 513–518. https://doi.org/10.1007/s00415-006-0408-4.

3. Ahn S., Lee S.K. Diffusion tensor imaging: exploring the motor networks and clinical applications // *Korean J. Radiol.* 2011. Vol. 12. P. 651–661. doi: 10.3348/kjr.2011.12.6.651.
4. Kumar R., Chavez A.S., Macey P.M., Woo M.A., Harper R.M. Brain axial and radial diffusivity changes with age and gender in healthy adults // *Brain Res.* 2013. Vol. 28, No. 15. P. 12–22. doi: 10.1016/j.brainres.2013.03.028.
5. Vo Van P., Alison M., Morel B., Beck J., Bednarek N., Hertz-Pannier L., Loran G. Advanced Brain Imaging in Preterm Infants: A Narrative Review of Microstructural and Connectomic Disruption // *Children (Basel)*. 2022. Vol. 9, No. 3. P. 356. doi: 10.3390/children9030356.
6. Li K., Sun Z., Han Y., Gao L., Yuan L., Zeng D. Fractional anisotropy alterations in individuals born preterm: a diffusion tensor imaging meta-analysis. // *Dev Med Child Neurol.* 2015. Vol. 57, No. 4. P. 328–338. doi: 10.1111/dmcn.12618.
7. Woodward L.J., Anderson P.J., Austin N.C., Howard K., Inder T.E. Neonatal MRI to predict neurodevelopmental outcomes in preterm infants // *N. Engl. J. Med.* 2006. Vol. 17. P. 355. doi: 10.1056/NEJMoa053792.
8. Мамедьяров А.М., Намазова-Баранова Л.С., Ермолина Ю.В., Аникин А.В., Маслова О.А., Каркашадзе М.З., Ключкова О.А. Возможности оценки моторных и сенсорных проводящих путей головного мозга с помощью диффузионно-тензорной трактографии у детей с детским церебральным параличом // *Вестник Российской академии медицинских наук.* 2014. № 9. С. 70–76. Mamed'yarov A.M., Namazova-Baranova L.S., Yermolina YU.V., Anikin A.V., Maslova O.A., Karkashadze M.Z., Klochkova O.A. Vozmozhnosti otsenki motornykh i sensorykh provodyashchikh putey golovnoy mozga s pomoshch'yu diffuzionno-tenzornoj traktografii u detey s detским tsebral'nym paralichom // *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk.* 2014. No. 9. S. 70–76. [Mamed'yarov A.M., Namazova-Baranova L.S., Ermolina Yu.V., Anikin A.V., Maslova O.A., Karkashadze M.Z., Klochkova O.A. Possibilities of evaluating the motor and sensory pathways of the brain using diffusion-tensor tractography in children with cerebral palsy. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2014, No. 9, pp. 70–76 (In Russ.)].
9. Nagy Z., Westerberg H., Klingberg T. Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood // *J. Cogn. Neurosci.* 2004. Sep. Vol. 16, No. 7. P. 1227–1233. doi: 10.1162/0898929041920441.
10. Barnea-Goraly N., Menon V., Eckert M., Tamm L., Bammner R., Karchemskiy A., Dant CC., Reiss AL. White matter development during childhood and adolescence: a cross-sectional diffusion tensor imaging study // *Cereb Cortex.* 2005 Dec. Vol. 15, No. 12. P. 1848–1854. doi: 10.1093/cercor/bhi062.
11. Ghosh N., Holshouser B., Oyoyo U., Barnes S., Tong K., Ashwal S. Combined Diffusion Tensor and Magnetic Resonance Spectroscopic Imaging Methodology for Automated Regional Brain Analysis: Application in a Normal Pediatric Population // *Dev. Neurosci.* 2017. Vol. 39, No. 5. P. 413–429. doi: 10.1159/000475545.
12. Rexman J.H., Barber P.A., Hill M.D., Sevick R.J., Demchuk A.M., Hudon M.E., Hu W.Y., Buchan A.M. Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for assessing CT scans in patients with acute stroke // *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2001. Vol. 22, No. 8. P. 1534–1542.
13. Екушева Е.В., Вендрова М.И., Данилов А.Б., Вейн А.М. Вклад правого и левого полушарий головного мозга в полиморфизм и гетерогенность пирамидного синдрома // *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова.* 2004. Т. 104, № 3. С. 8. Ekusheva E.V., Vendrova M.I., Danilov A.B., Vejn A.M. Vklad pravogo i levogo polusharij golovnoy mozga v polimorfizm i geterogennost' piramidnogo sindroma // *Zhurnal neurologii i psichiatrii im. S. S. Korsakova.* 2004. Vol. 104, No. 3. S. 8. [Ekusheva E.V., Vendrova M.I., Danilov A.B., Vejn A.M. The contribution of the right and left hemispheres of the brain to the polymorphism and heterogeneity of pyramidal syndrome. *Journal of Neurology and Psychiatry named after S. S. Korsakov*, 2004, Vol. 104, No. 3, p. 8 (In Russ.)].

Уважаемые коллеги!

13 декабря 2022 года состоится VII Телеконференция «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения».

Мероприятие пройдет в онлайн-формате. Регистрация на мероприятие будет открыта в ноябре 2022 на сайте anobnic.ru.

- | | |
|-------------|--|
| 8.30–08.55 | Подключение участников |
| 8.55–09.00 | Вступительное слово профессор <i>Т. Н. Трофимова</i>
Модераторы: профессор <i>Т. Н. Трофимова</i> , д.м.н. <i>О. В. Лукина</i> |
| 9.00–9.40 | к.м.н. <i>Быченков Владимир Геннадьевич</i> «Стандарты и протоколы применения контрастных препаратов в педиатрии», Москва |
| 9.40–10.20 | к.м.н. <i>Халиков Азиз Джаулянович</i> «Стандартизация подходов при врожденных пороках головного мозга», Санкт-Петербург |
| 10.20–11.00 | к.м.н. <i>Савинцева Жанна Игоревна</i> , к.м.н. <i>Скворцова Татьяна Юрьевна</i> «Новая классификация опухолей головного мозга и радиомика», Санкт-Петербург |
| 11.00–11.40 | к.м.н. <i>Талыбов Рустам Сабирович</i> «Интраоперационной рентгеновской компьютерной томографии — новая реальная нейрорадиологии», Тюмень |
| 11.40–12.20 | к.м.н. <i>Халиков Азиз Джаулянович</i> «Алгоритм оценки МРТ изображений головного мозга и эпилепсия», Санкт-Петербург |
| 12.20–13.00 | к.м.н. <i>Гаврилов Павел Владимирович</i> , к.м.н. <i>Лукина Ольга Васильевна</i> «Стандартизация в диагностике COVID-19. Опыт трех лет», Санкт-Петербург |
| 13.00–13.40 | к.м.н. <i>Калинин Петр Сергеевич</i> «Стандарты КТ-диагностики метастатического поражения легких», Санкт-Петербург |
| 13.40–14.20 | к.м.н. <i>Гарапач Ирина Анатольевна</i> «Лучевая диагностика рака почки — что мы должны знать», Санкт-Петербург |
| 14.20–15.00 | к.м.н. <i>Громова Елена Анатольевна</i> «Современные стандарты в оценке эффективности лечения лимфом», Санкт-Петербург |
| 15.00–15.40 | профессор <i>Карлова Наталия Александровна</i> , к.м.н. <i>Зорин Ярослав Петрович</i> «Как избежать ошибок при диагностике плоскостопия», Санкт-Петербург |

Подробная информация:

тел.: +7 (921) 956-92-55

на сайте: anobnic.ru