

Морфометрические стандарты головного мозга и черепа у детей

Захаров А. М.*, Сидорин С. В., Ублинский М. В., Мельников И. А., Петряйкин А. В.,
Гурьяков С. Ю., Семенова Ж. Б., Семенова Н. А.

Научно–Исследовательский Институт Неотложной
Детской Хирургии и Травматологии, Москва, Россия

Morphometric standards of brain and skull bones in children

Zakharov A. M., Sidorin S. V., Ublinsky M. V., Melnikov I. A., Petryaikin A. V.,
Gur'yakov S. Yu., Semenova J. B., Semenova N. A.

Clinical and Research Institute of Emergency Children's Surgery and Trauma, Moscow, Russia

Реферат

Шестидесяти двум детям с диагнозом «норма» на КТ изображениях были произведены морфометрические измерения 52 структур мозга и костей черепа. Наблюдения разделены по возрастам на 6 групп: грудной, преддошкольный, дошкольный, младший школьный, старший школьный, подростковый. По всем группам и параметрам составлены таблицы с размерами нормальных структур и стандартными отклонениями. В каждой группе идентифицирован эталонный испытуемый.

Ключевые слова: морфометрия, компьютерная томография, головной мозг, череп, педиатрия.

Abstract

62 children's with a diagnosis the «norm» (based on the MDCT images) were made morphometric measurements of 52 structures of the brain and skull bones. The patients were divided by age into 6 groups from newborns to teenagers. For all groups and morphometric parameters tables with the size of normal structures and standard deviations was created. In each group the reference subject was identified and DICOM data base created.

Keywords: morphometry, computed tomography, brain, skull bones, pediatry.

Введение

Морфометрические измерения головы у детей – значительный раздел, плохо осязаемый в современной научно-практической и справочной медицинской литературе. Возрастные стандарты головы включают оценку костей чере-

па и краниоцервикального сочленения, а также содержимого полости черепа и мягких тканей головы. Данные стандарты актуальны для современной лучевой диагностики, педиатрии, неврологии и нейрохирургии.

*Захаров Андрей Михайлович, Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии, Клиника Лучевых Методов Диагностики, Москва, Россия, Б. Полянка, д. 22. тел. 89168092777, e-mail: andrushazakharov@gmail.com

В отделениях лучевой диагностики, оснащенных системами двухмерной визуализации — КТ и МРТ, отмечается постоянная потребность в базовой литературе, в которой были бы описаны анатомические особенности головы у взрослых и, особенно, у детей, которые можно взять за основу в повседневной работе. В настоящее время такими руководствами являются книги малого формата под редакцией Т. Б. Меллера [1], схематический атлас, выпущенный И. П. Королюком [2], а также руководства В. Н. Корниенко [3] и Т. Н. Трофимовой [4]. Однако, если в книге Меллера описаны нормальные показатели по данным КТ и МРТ для головы, включающие данные по мозгу и желудочковой системе взрослых, но нет данных по возрастным показателям, то у Королюка значительное внимание уделяется возрастной норме и анатомическим вариантам развития, но выполнено это в форме рутинных рентгенологических исследований — рентгенографии, без данных по мягкотканым структурам. В руководстве под редакцией Корниенко и в руководстве под редакцией Трофимовой приведена исчерпывающая анатомическая характеристика «нормального мозга» и частично черепа, но, к сожалению, без компактного указания нормативных размеров.

Наконец, в современной медицинской литературе существует достаточно большое число публикаций, относящихся к морфометрии отдельных анатомических регионов и областей. Эти работы характеризуются предельной детализацией анатомо-морфологических признаков, которые можно идентифицировать и измерить по данным КТ и МРТ и представляют интерес для узких специалистов. Например, существуют специальные работы по визуализации глазницы [5], задней черепной

ямки [6], прицельно области большого затылочного отверстия [7]. Следует также отметить попытки проведения морфометрии таких изменчивых структур как извилины и борозды [8]. Большое внимание уделяется изучению тонких анатомических взаимоотношений согласно запросам врачей — стоматологов, в частности изучение альвеолярного отростка верхней челюсти и верхнечелюстных пазух [9]. Однако, для практической рентгенологии в таком многообразии необходимости нет. Практикующие рентгенологи редко выносят столь детальные измерения анатомических областей в описание и, тем более, в заключение.

Также нас побудила заняться разработкой морфометрических стандартов головного мозга и черепа у детей актуальность подобных результатов для большинства специалистов КТ и МРТ, работающих в диагностических центрах широкого профиля, не имеющих большого опыта сканирования детей. Эти методические потребности обсуждались в частных беседах в рамках сертификационных курсов по КТ и МРТ, а также при обсуждении на конгрессе Radiology 2010 Vienna на секции по педиатрии.

НИИ Неотложной Детской Хирургии и Травматологии, отделение лучевых методов диагностики располагает значительной базой исследованных пациентов: детей с диагнозом «норма». Это связано со сканированием головы у детей при нечетко визуализируемых методом обычной рентгенографии переломах костей черепа, подозрениях на ушибы головного мозга и других внутричерепных изменениях, не подтвержденных рентгенологически при КТ исследовании. Следует отметить уникальность данной базы в отношении детей до 5-и лет, которым были выполнены исследования под наркозом.

Материал и методы

Было обследовано 62 пациента в возрасте от 6 месяцев до 16 лет с входным диагнозом: черепно-мозговая травма. Диагноз не был подтвержден и всем испытуемым был выставлен диагноз «норма». Вся выборка испытуемых была разделена на 6 возрастных групп, каждой группе присвоено название [10]: 1-я группа до года – грудной возраст (5 человек); 2-я группа с года до трех лет – дошкольный возраст (3 человека); 3-я группа с трех до шести лет – дошкольный (7 человек); 4-я группа с семи до двенадцати лет – младший школьный (19 человек); 5-я группа с двенадцати до пятнадцати – старший школьный (22 человека); 6-я группа с пятнадцати до восемнадцати – подростки (6 человек).

Все дети прошли повторный контроль рентгенологом, и им повторно был выставлен диагноз – норма.

КТ исследования проводились на 16 и 64 срезовых спиральных рентгеновских компьютерных томографах Brilliance фирмы PHILIPS, Голландия.

Графическая обработка и морфометрические измерения осуществлялись на графической станции EXTENDED BRILLIANCE WORKSPACE V3.5.4.105 (PHILIPS, Голландия)

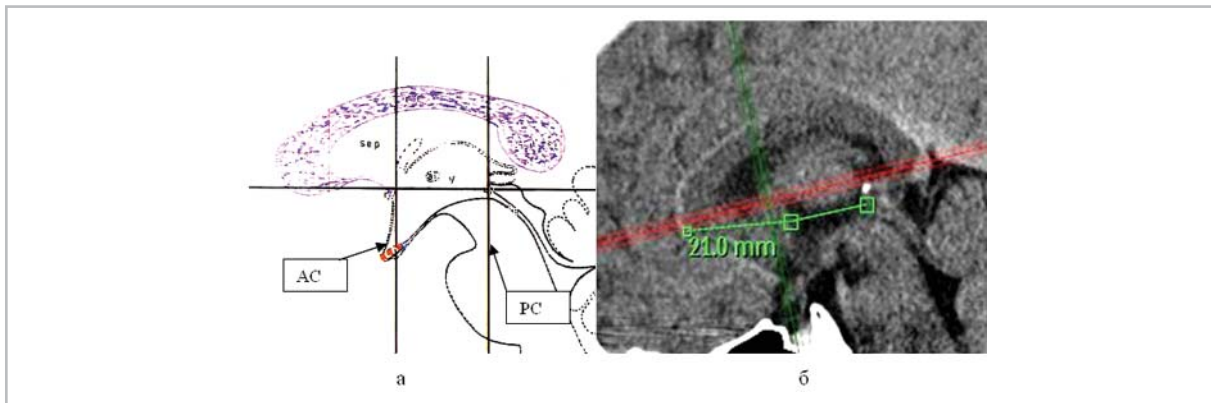
В основе использованного метода морфометрии лежит подход, предложенный Ж. Талайрахом в 1968 и развитый им и его коллегами в последующем [11] [12] [13]. В основе данного метода лежит выбор центра координат головного мозга в области передней комиссуры. Передняя комиссура располагается по передней стенке третьего желудочка, является небольшой анатомической областью (3-5 мм); через нее проходят межполушарные пучки белого вещества. От передней комиссуры отмечается направление кза-

ди, к задней комиссуре. Задняя комиссура располагается под эпифизом, по нижне – переднему краю эпифизарного кармана. Следует отметить, что задняя комиссура могла быть локализована без труда на фоне окружающих ликворных пространств. Передняя комиссура определялась с определенными сложностями, поскольку тесное расположение срединных структур в данной области и низкий относительный контраст белого вещества по отношению к серому веществу и сосудам, не позволяли в ряде случаев достоверно точно определить местоположение передней комиссуры по единичному срединному сагиттальному срезу. Для уточнения локализации АС приходилось применять метод отслеживания структур, анализируя близко расположенные следующие подряд парасагитальные срезы. Определение передней и задней комиссур и линии АС-РС представлено на рисунке 1.

Дальнейшие измерения были разделены на четыре группы: измерение мозга, измерение ликворных пространств, измерение костей черепа, угловые измерения. За основу всех измерений принято было брать линию АС-РС – anterior commissure – posterior commissure.

Результаты и их обсуждение

В ходе выполнения работы проводилось измерение 53 количественных морфометрических показателей головного мозга, ликворных пространств, костей черепа и угловых показателей, которые по анатомико-радиологическим принципам разделены на четыре основные группы. Первая группа: измерены 16 показателей, относящихся к головному мозгу и верхнему отделу спинного мозга и гипофизу, а также проводились измерения плотности вещества головного



*Рис. 1. Основа проводимых измерений – линия AC-PC (Anterior Commissure – Posterior Commissure). Вдоль этой линии ориентировались аксиальные срезы; корональные и сагиттальные проводились в соответствующих перпендикулярных плоскостях:
а – фрагмент рисунка из книги Ж. Талайраха [11];
б – фрагмент сагиттальной реконструкции КТ изображения с соответствующими точками.*

мозга. Вторая группа: 20 показателей, относящихся к ликворной системе головного мозга. Данные показатели разделены на два больших подраздела: измерения, относящиеся к желудочковой системе – внутренние ликворные пространства, и к системе арахноидальных щелей и цистерн – наружные ликворные пространства. Третья группа: 11 линейных показателей черепа, отобранных в ходе анализа литературного материала и характеризующие основные габариты нейрокраниума и лицевого скелета. Четвертая группа: угловые измерения между вариантами анатомических срезов с общим названием «аксиальная плоскость» и плоскостью вдоль AC-PC.

Все результаты измерений сгруппированы по возрастам согласно разделению на возрастные группы по А.В. Мазурину [10]. Для каждого возрастного интервала указано число измерений, попавших в данный интервал, среднее значение измеренной величины, стандартное отклонение. Результаты сгруппированы в таблицу, которая в полном варианте не

входит в формат данной статьи. На рисунке 2 приведены коэффициенты вариации по данным группам признаков.

При анализе коэффициентов вариации признаков (рис. 2) было показано, что все исследованные признаки можно разделить на две большие группы: 1) с коэффициентом вариации до 10%: линейные размеры мозга, рентгеновская плотность мозгового вещества, линейные размеры черепа; 2) с коэффициентом вариации более 20%: линейные размеры желудочковой системы, линейные размеры наружных ликворных пространств, угловые размеры.

Эта закономерность прослеживается для всех возрастных групп. Связано это с особенностями расчета коэффициента вариации, который представляет собой отношение стандартного отклонения к среднему значению величины.

Для всех групп значений с высоким коэффициентом вариации, характерно низкое среднее значение по абсолютной величине: линейные размеры желудочковой системы и арахноид-

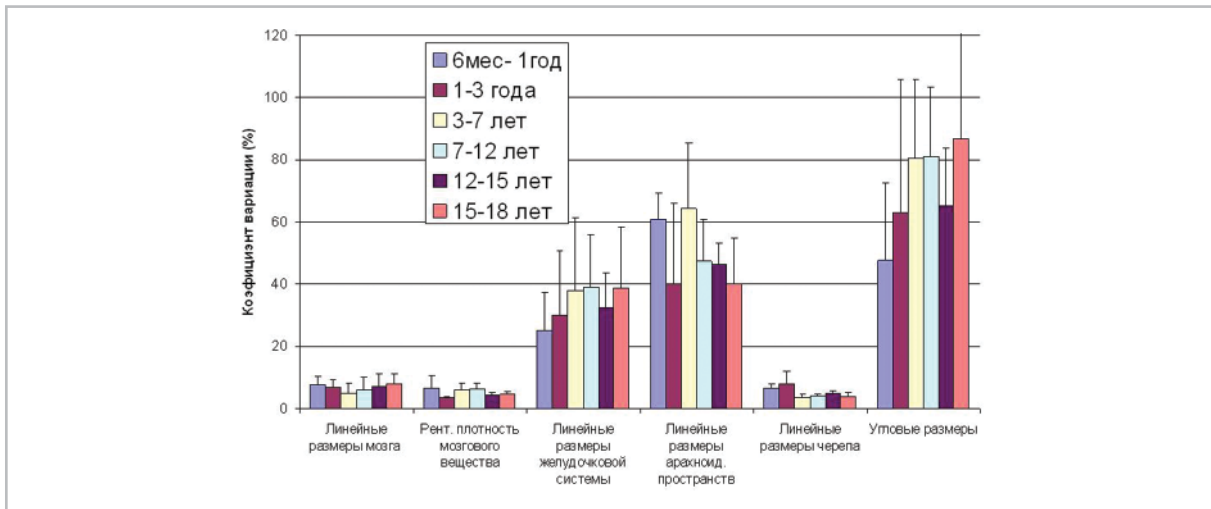


Рис. 2. Сравнение коэффициентов вариации (отношение стандартного отклонения к среднему значению величины) для всех четырех рассматриваемых морфометрических групп (группа 1 - линейные размеры мозга, рентгеновская плотность мозгового вещества, группа 2 - линейные размеры желудочковой системы, линейные размеры арахноидальных пространств, группа 3- линейные размеры черепа, группа 4 -угловые измерения).

Представлены средние значения коэффициентов вариации по группам признаков, в качестве доверительных интервалов отложены разбросы коэффициентов вариации, рассчитанные как стандартное отклонение.

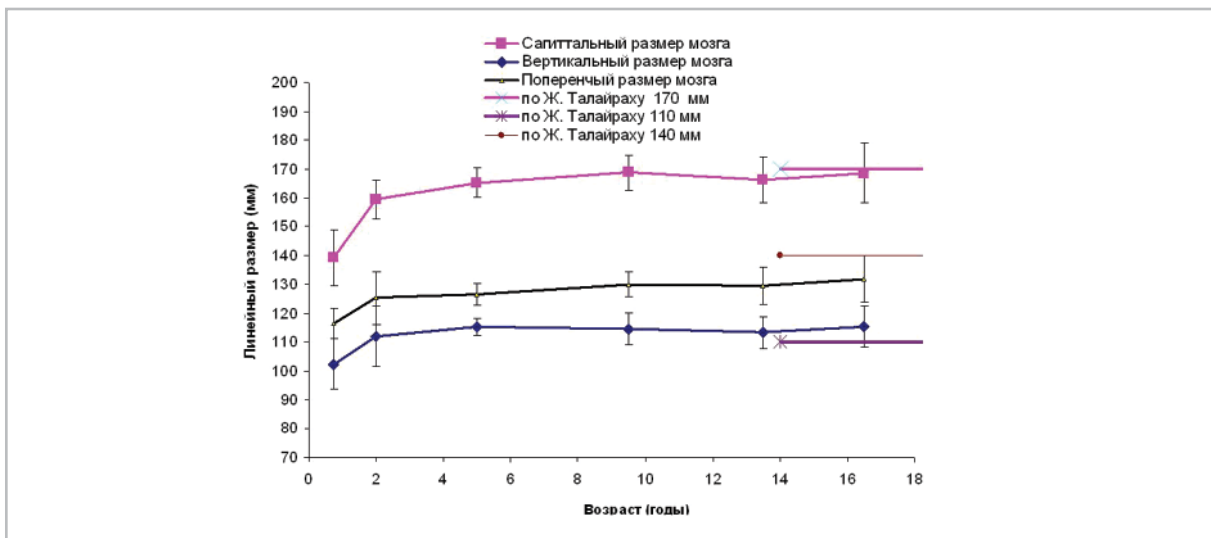


Рис. 3. Зависимость линейных размеров мозга: сагиттальный размер, вертикальный размер, поперечный. Данные размеры рассчитывались как сумма соответствующих отрезков до передней комиссуры. Горизонтальными линиями отмечены соответствующие значения усредненных линейных показателей по работе Жака Талайраха [11].

дальних пространств от 2 до 6 мм. В то же время габариты мозга и черепа изменяются от 35 до 100 мм. Угловые размеры колеблются около 0, принимая как положительное так и отрицательное значение (в рамках проведенного исследования оценивался модуль измеренных угловых показателей).

По результатам линейной морфометрии головного мозга в трех взаимно ортогональных направлениях – росто-каудальном (передне-задний), дорзо-вентральном (верхне-нижний), поперечном (рис. 3), было показано, что линейные размеры мозга интенсивно увеличиваются до дошкольного возраста, достигая к двум годам 95 % от максимального размера (средний возраст дошкольного возрастного интервала). Остальное увеличение мозга происходит в последующие годы, достоверно не изменяясь после пятилетнего возраста (среднее значение дошкольного возрастного диапазона).

Было показано, что по достижении подросткового возраста 15-18 лет линейные размеры мозга незначительно отличаются от средних значений определенных Талайрахом в своей фундаментальной работе (данные результаты представлены на рис. 3). Разница составляет: рострально (65,5-70 = -1,5 мм), каудально (100,2-100 = 0,2 мм), дорзально (72,5-70 = 2,5 мм), вентрально (42,8-40 = 2,8 мм), влево (65,7-70 = -4,3 мм, вправо (66,3-70 = -3,7 мм). В формулах приведено измеренное значение минус показатель по Талайраку. Это можно трактовать как популяционные различия между московской популяцией и европейской. В московской популяции головной мозг более долихоцефаличен, то есть вытянут в вертикальном и сжат в поперечном направлении. Однако эти

рассуждения носят весьма условный характер, поскольку разница не превышает 7 %, максимально для вентрального направления.

По результатам линейной морфометрии головного мозга в трех взаимно ортогональных направлениях – росто-каудальном, дорзо-вентральном, поперечном – было показано, что линейные размеры мозга интенсивно увеличиваются до дошкольного возраста, достигая к двум годам (средний возраст дошкольного возрастного интервала) 95 % от максимального размера. Остальное увеличение мозга происходит в последующие годы, достоверно не изменяясь после пятилетнего возраста (среднее значение дошкольного возрастного диапазона).

Измерение объема мозга выполнено по формуле эллипсоида

$$V=4/3\pi(r1*r2*r3),$$

и усреднено по соответствующим возрастным группам. В приведенной формуле $r1$, $r2$ и $r3$ – радиусы эллипсоида, которые рассчитаны как половины отрезков габаритных размеров мозга: росто-каудального, дорзо-вентрального, поперечного. Полученные результаты для отдельных измерений объема головного мозга хорошо согласуются с значениями, приведенными зарубежными авторами в работе Eric Courchesne et al. (2000) [14].

Большую проблему при описании КТ и МРТ у детей представляет оценка ликворных пространств: желудочковой системы и наружных ликворных пространств в возрасте до трех лет. Определенное заключение по этому вопросу мы можем высказать на основании анализа динамики усредненных показателей ликворной системы – рис. 4, и рис. 5.

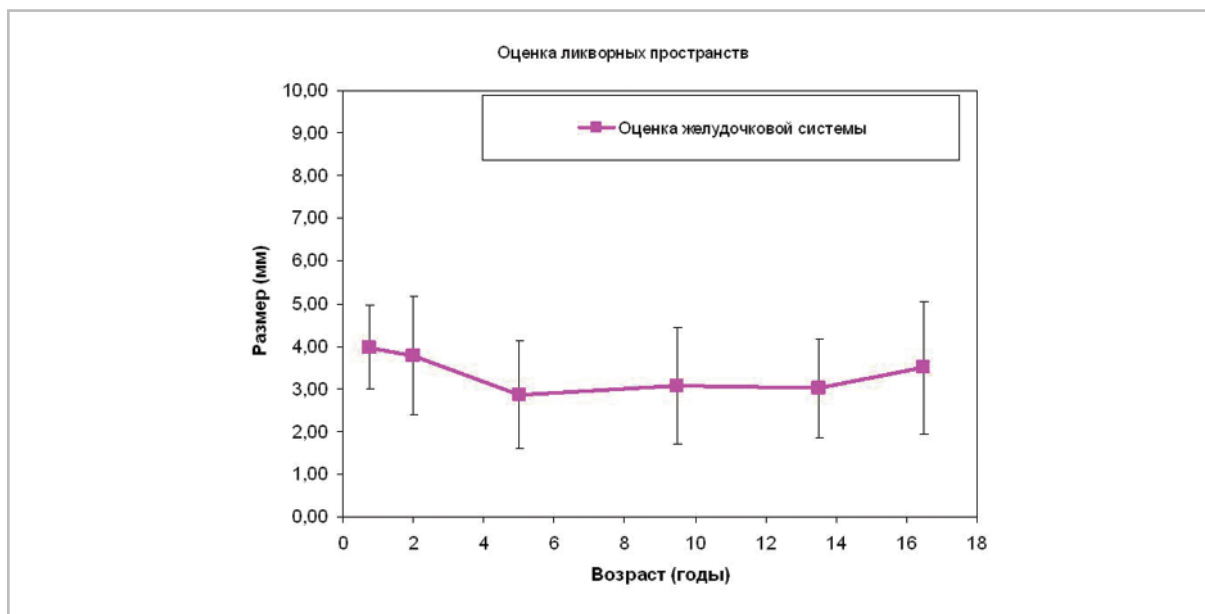


Рис. 4. Оценка габаритов боковых желудочков (усредненный показатель по шести параметрам): ширина передних отделов передних рогов слева и справа, ширина основания передних рогов слева и справа, ширина височных рогов слева и справа.

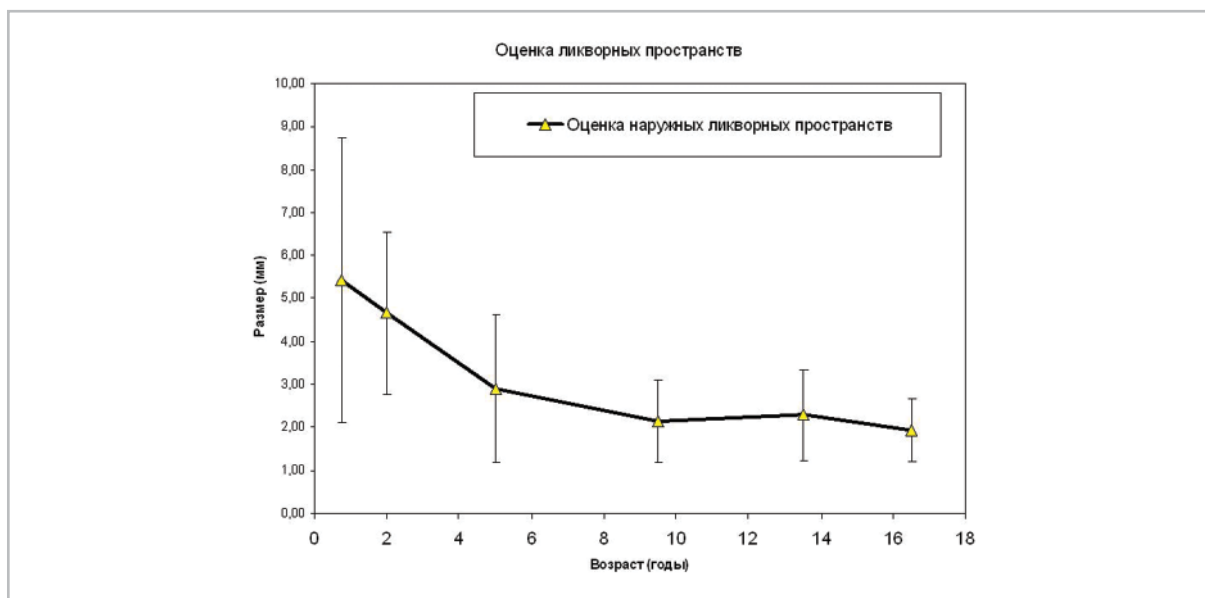


Рис. 5. Оценка габаритов наружной ликворной системы (усредненный показатель по семи параметрам): ширина Сильвиевой щели слева и справа, ширина ликворных пространств над полюсом височной доли слева и справа, ширина ликворных пространств над полюсом лобной доли слева и справа, ширина межполушарной щели. Приведены средние значения и средние стандартные отклонения.

На рисунке 4 приведен результат оценки габаритов боковых желудочков (усредненный показатель по шести параметрам): ширина передних отделов передних рогов слева и справа, ширина основания передних рогов слева и справа, ширина височных рогов слева и справа. Приведены средние значения и средние стандартные отклонения. На рисунке 5 приведен результат оценки габаритов наружной ликворной системы (усредненный показатель по семи параметрам): ширина Сильвиевой щели слева и справа, ширина ликворных пространств над полюсом височной доли слева и справа, ширина ликворных пространств над полюсом лобной доли слева и справа, ширина межполушарной щели. Приведены средние значения и средние стандартные отклонения.

Из анализа рисунков 4 и 5 следует, что средние габариты желудочковой системы не меняются в течении всего исследованного возрастного интервала. При этом отмечается снижение габаритов наружных ликворных пространств от 6 месяцев до 5 лет и далее, хотя и с меньшим инкрементом. Отмечается так же уменьшение разброса в показателях линейных размеров наружных ликворных пространств.

Образно говоря, это означает, что мозг вырастает до размеров полости черепа и заполняет содержимое черепной коробки у детей раннего возраста, от 6 месяцев до 7 лет. Самостоятельного значения габариты наружных ликворных пространств в ходе этого процесса не имеют. Поэтому часто выставляемые диагнозы «наружная гидроцефалия» или «атрофия вещества головного мозга больших полушарий» зачастую могут звучать преждевременно у детей грудного возраста и преддошкольного – до

пяти лет. Фактически мы имеем дело с разными темпами роста полости черепа и увеличение габаритов головного мозга. Гораздо более прогностически значимым критерием может служить размер большого родничка, который во всех исследованных нами случаях после года достоверно не визуализировался.

Был создан электронный вариант справочного пособия по возрастной норме с трехмерным атласом на основе DICOM 3.0 изображений.

Представители вариантов нормы по каждой возрастной группе рассчитывались по правилу наименьших квадратов для всех пациентов по всем группам признаков. Были отобраны пациенты с самой низкой общей суммой наименьших квадратов.

Была создана анонимизированная база данных в формате DICOM 3.0 с возможностью установки на DICOM-совместимые графические станции и персональные компьютеры (интерфейс предоставлен на рис. 6).

Заключение

В ходе работы на достаточно большой группе нормальных детей (62 ребенка), без патологии со стороны костей черепа и интракраниальных патологических находок были определены морфометрические стандарты нормы головы. Был оценен коэффициент вариации отдельных групп признаков.

Были показаны различия между детьми старшей возрастной группы московской популяции и европейской.

В московской популяции головной мозг более долихоцефаличен, то есть вытянут в вертикальном и сжат в поперечном направлении.

Отмечено, что линейные размеры мозга интенсивно увеличиваются до пред-

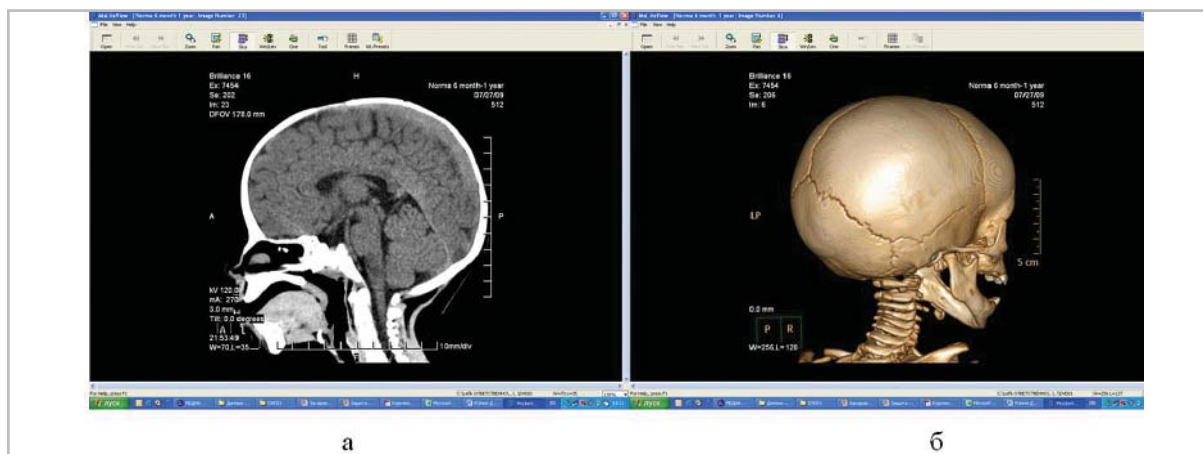


Рис. 6. Внешний вид интерфейса электронного атласа, установленного на персональном компьютере программа – просмотрщик PHILIPS MLV). Предоставлены сагиттальная реконструкция (а), реконструированное 3D изображение (б).

Данные изображения можно просматривать как на персональном компьютере, так и на любых DICOM совместимых графических станциях. Эталонные изображения получены для одного ребенка каждой возрастной группы (рассчитанные по методу наименьших квадратов).

дошкольного возраста, достигая к двум годам 95 % от максимального размера. Остальное увеличение мозга происходит в последующие годы, достоверно не изменяясь после пятилетнего возраста.

Было показано, что самостоятельного значения габариты наружных ликворных пространств не имеют. Часто выставляемые диагнозы «наружная гидроцефалия» или «атрофия вещества головного мозга больших полушарий» могут звучать преждевременно у детей грудного возраста и преддошкольного – до пяти лет.

Был создан электронный вариант справочного пособия по возрастной норме с трехмерным атласом на основе DICOM 3.0 изображений.

Литература

1. Меллер Т. Б., Райф Э. Норма при КТ и МРТ исследованиях. – : Медпресс, 2009; 264
2. Королюк И. П. Рентгеноанатомический атлас скелета. Видар, 1996; 185
3. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. Москва, 2008; 504
4. Трофимова Т. Н. Лучевая анатомия человека. Изд. СПбМАПО, 2005; 496.
5. Ozgen A., Ariyurek M. Normative measurements of orbital structures using ct. AJR. Am. J. Roentgenol. 1998; 170: 1093-1096.
6. Prassopoulos P., Cavouras D., Golfopoulos S. Developmental changes in

- the posterior cranial fossa of children studied by ct. *Neuroradiology*. 1996; 38: 80-83.
7. Murshed K. A. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its shape: A study on computerized tomographic images of normal adults. *Turk. J. Med. Sci.* 2003; 301-306.
 8. Bigler E. D., Anderson C. V., Blatter D. D. Temporal lobe morphology in normal aging and traumatic brain injury. *Am. J. Neuroradiol.* 2002; 23: 255-266.
 9. Гайворонский И. В., Гайворонская М. Г. Возможности компьютерной томографии в изучении особенностей строения альвеолярного отростка верхней челюсти и верхнечелюстных пазух. *Вестник Санкт-Петербургского Университета*, 2009; 11(3): 223-228.
 10. Мазурин А. В., Воронцов И. М. Пропедевтика детских болезней. - М.: Медицина. 1985; 282.
 11. Talairach J., Tournoux P. Co-planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain. Thieme. 1984; 121
 12. Toga A. W., Thompson P. M. Maps of the brain. *Anat. Rec.* 2001; 265: 37-53.
 13. Weiss K. L., Storrs J., Weiss J. L., Strub W. Ct brain prescriptions in talairach space: A new clinical standard. *Am. J. Neuroradiol.* 2004; 25: 233-237.
 14. Courchesne E., Chisum H. J., Townsend J., et al. Normal brain development and aging: Quantitative analysis at in vivo MR imaging in healthy volunteers. *Radiology*. 2000; 216: 672-682.

От редколлегии

Читайте в следующем номере:

Эхографическая оценка анатомических структур – современные возможности и перспективы.

Быковский В. А., Кешишян Р. А., Некрутов А. В., Никишицев И. Н., Агошкова Н. Л., Семенов Н. Ю.

Эхографическая диагностика острого аппендицита у детей (диагностические трудности).

Туманова М. В., Сони́на М. И., Тищенко М. К., Карасева О. В., Янюшкина О. Г.