



Черникова Н.А.¹⁾, Евтеев А.А.²⁾, Сатанин Л.А.¹⁾, Руднев С.Г.³⁾,
Ракитянский М.М.⁴⁾, Сатанина Т.Л.⁴⁾, Шелеско Е.В.¹⁾

1) НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России,
ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16, Москва, 125047, Россия

2) МГУ имени М.В. Ломоносова, НИИ и Музей антропологии,
ул. Моховая, д. 11, Москва, 125009, Россия

3) ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, ул. Губкина, д. 8, Москва, 119333, Россия

4) ФГАОУ «Российский национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России,
ул. Островитянова, д. 1, Москва, 117997, Россия

РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА И ПЕРЕДНЕГО ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 18 ЛЕТ

Введение. Ряд заболеваний, таких как краниосиностоз, базальные энцефалоцеле и фиброзная дисплазия, сопровождаются деформациями костей лицевого скелета и основания черепа. Для количественной оценки степени патологической деформации и динамики роста костей черепа у таких пациентов необходимы данные о ростовых процессах у здоровых детей. Цель исследования – характеристика нормальной изменчивости и разработка центильных стандартов основных краниометрических признаков лицевого скелета и переднего основания черепа у современных здоровых детей в возрасте от рождения до 18 лет.

Материалы и методы. Краниометрическое исследование было выполнено на основе ретроспективных данных компьютерной томографии головы или лица 1034 детей (451 девочка и 583 мальчика) от 0 до 18 лет, перенёсших лёгкую черепно-мозговую травму без повреждения костных структур. На 3D моделях черепов пациентов расставлялись краниометрические точки, принятые в антропологической и медицинской краниометрии. Автоматически рассчитывались 20 линейных расстояний между точками, а также объёмы левой орбиты и полости носа. Данные для мальчиков и девочек анализировались отдельно. Для построения центильных кривых нормальной изменчивости признаков применялся LMS-метод, реализованный в программном обеспечении RefCurv, вер. 0.4.2.

Результаты. Охарактеризованы половозрастные особенности ростовой динамики различных структур лицевого скелета и переднего основания черепа. Рассчитаны центильные стандарты нормальной изменчивости признаков для использования в медицинской практике.

Заключение. В настоящем исследовании приведены наиболее подробные данные о ростовых процессах лицевого скелета и передней части основания черепа у современных здоровых детей в возрасте от рождения до 18 лет. Размеры ситовидной пластинки при рождении близки к взрослому размеру и в постнатальном онтогенезе меняются мало. Признаки области глазницы к рождению достигают 55–60% взрослого размера, очень быстро растут в первый год жизни, к 5 годам составляют 80–85% взрослого размера. Широтные размеры лицевого скелета, такие как ширина грушевидного отверстия, скуловой и нижнеорбитальный диаметры, а также сагиттальные размеры носовой полости достигают около 50–55% взрослого размера при рождении и далее растут равномерно, достигая 65–70% дефинитивного значения ко второму году жизни, и, за исключением ширины носа, около 80% – к 5 годам. Высотные размеры лицевого скелета (высота грушевидного

отверстия, лица, верхней челюсти, хоан и альвеолярного отростка), при рождении составляют всего около 40% взрослого размера, но затем интенсивно растут, достигая к 5 годам около 70% дефинитивного значения.

По относительным размерам большинства рассматриваемых признаков выявлена большая «зрелость» девочек на момент рождения, сохраняющаяся вплоть до пубертатного периода. Выраженное пубертатное ускорение роста отмечается только у мальчиков, по следующим признакам: ширина глазницы, длина медиальной стенки глазницы, высота верхней челюсти, высота носа, нижняя длина носовой перегородки, объём носовой полости, ширина сидовидной пластинки.

Понимание различий онтогенетической динамики разных структур черепа, как и межполовых различий этой динамики, и использование ростовых стандартов необходимы для объективной оценки степени патологических изменений этих структур, планирования лечения и контроля его результатов.

Ключевые слова: биологическая антропология; краниометрия; дети и подростки; лицевой скелет; переднее основание черепа; ростовые стандарты; LMS метод

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-1-1

Введение

На сегодняшний день краниометрия широко распространена в клинических дисциплинах, таких как нейрохирургия, офтальмология, оториноларингология и челюстно-лицевая хирургия [Сатанин с соавт., 2023; Evteev et al., 2018; Sataniin et al., 2019; Syutkina et al., 2023]. Ряд заболеваний в нейрохирургии и оториноларингологии сопровождаются деформациями костей лицевого скелета и основания черепа: синдромальные и не-синдромальные краниосинозозы, базальные энцефалоцеле, фиброзная дисплазия и другие. Диагностика таких патологий в настоящее время основывается преимущественно на качественном (визуальном) определении типа деформации. Изучение рентгенологических снимков перед операцией с целью анализа индивидуальных особенностей анатомии является ключом к успешному выполнению хирургического вмешательства.

Существенной проблемой долгое время являлось отсутствие стандартов роста лицевого скелета и основания черепа в норме, которые могли бы быть использованы для количественной оценки патологических изменений и планирования лечения, что было связано с трудностями получения таких данных у пациентов детского возраста [Evteev et al., 2018]. В последние годы были опубликованы подробные данные по ростовым процессам и половому диморфизму

лицевого черепа у детей от рождения до 5 лет [Evteev et al., 2018; Syutkina et al., 2023], однако референсные данные о ростовых процессах костей лицевого скелета и основания черепа для детей старших возрастов по-прежнему отсутствуют.

Цель исследования – характеристика нормальной изменчивости и разработка центильных стандартов основных краниометрических признаков лицевого скелета и переднего основания черепа у современных здоровых детей в возрасте от рождения до 18 лет.

Материалы и методы

Краниометрическое исследование было выполнено на основе ретроспективных данных компьютерной томографии (КТ) головы или лица 1034 детей от 0 до 18 лет, перенёсших лёгкую черепно-мозговую травму без повреждения костных структур, с использованием программного обеспечения Materialise Mimics, вер. 9.1 (Materialise NV, Лёвен, Бельгия). В исследование включены данные КТ исследований с 2014 по 2023 гг., которые были проведены в Национальном научно-практическом центре здоровья детей (НЦЗД), Москва, а в некоторых случаях снимки были отправлены в НЦЗД для исследования из разных городов Центральной России. Полученные данные были деперсонифицированы. Данное исследование было рассмотрено и одобрено локальным комитетом по этике Национального

**Таблица 1. Половозрастное
распределение группы
обследованных**
**Table 1. Sex and age distribution
of the study group**

Возраст	Девочки	Мальчики	Всего
0-3 мес.	14	25	39
3-6 мес.	24	21	45
6-9 мес.	20	22	42
9-12 мес.	13	29	42
1 год	26	33	59
2 года	19	29	48
3 года	22	35	57
4 года	27	29	56
5 лет	24	34	58
6 лет	23	29	52
7 лет	20	23	43
8 лет	20	28	48
9 лет	22	31	53
10 лет	21	31	52
11 лет	21	23	44
12 лет	22	33	55
13 лет	28	30	58
14 лет	22	24	46
15 лет	21	26	47
16 лет	22	21	43
17 лет	20	27	47
Итого	451	583	1034

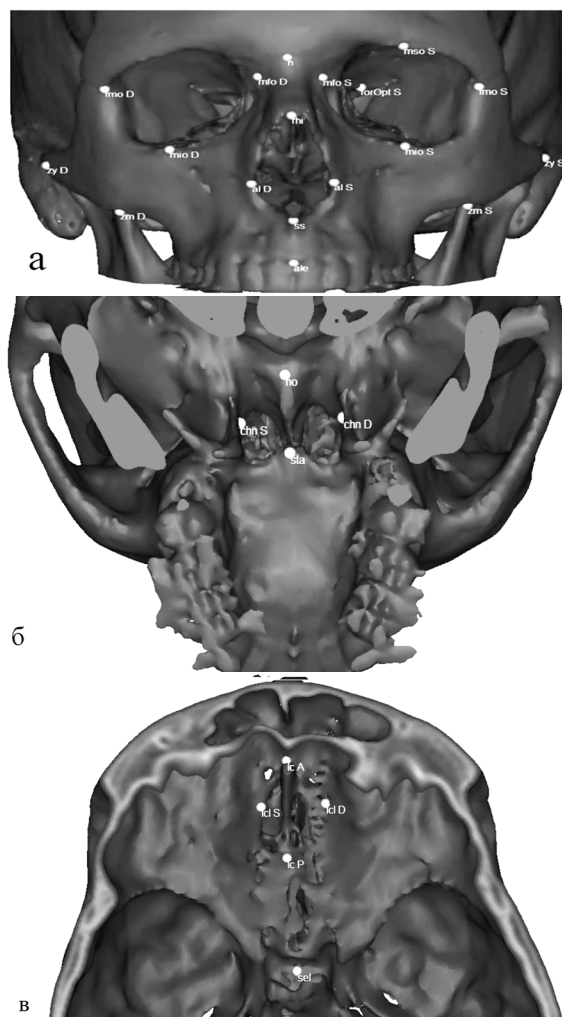
центра здоровья детей (Москва). В базу данных были включены КТ данные детей с толщиной среза не более 3 мм.

Половозрастное распределение группы обследованных представлено в таблице 1.

На 3D моделях черепов пациентов составлялись краниометрические точки (N=27), принятые в антропологической и медицинской краниометрии [Алексеев, Дебец, 1964; von Cramon-Taubadel, 2009; Caple, Stephan, 2016] (рис. 1, табл. 2). После этого автоматически рассчитывались 20 линейных расстояний между некоторыми точками (табл. 3) и два объема – левой орбиты и полости носа.

Объем глазницы рассчитывали как объем четырехугольной пирамиды, вписанной в полость орбиты (рис. 2 а, б). Основанием пирамиды служил четырехугольник с углами в точках (fmo S, mfo S, mio S, mso S), а вершиной пирамиды являлась точка, расположенная в области верхнего края орбитального отверстия канала зрительного нерва (forOpt S).

Объем полости носа рассчитывали как объем многогранника, образованного точками, распо-



**Рисунок 1. Краниометрические точки,
используемые в работе: а – лицевая норма,
б – базальная норма, в – вид на передние
отделы основания черепа**

**Figure 1. Craniometric points used in the study:
a – norma frontalis, b – norma basalis, c – view of
the anterior part of the skull base**

ложенными на границах структур носовой полости и на переднем основании черепа (рис. 2 в, г).

Данные для мальчиков и девочек анализировались отдельно. Проверку нормальности распределений выполняли на основе критерия Колмогорова-Смирнова. Для парных сравнений применялся двухвыборочный t-критерий Стьюдента. В качестве порогового уровня значимости использовали значение $P=0,05$. Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ Minitab 21 и MS Excel 2019.

Для построения центильных кривых нормальной изменчивости признаков использовался LMS-метод [Cole, Green, 1992] реализованный в

программном обеспечении RefCurv вер. 0.4.2 [Winkler et al., 2020] на языке R с дополнительным пакетом GAMLSS [Rigby, Stasinopoulos, 2005]. Предварительную настройку параметров LMS-метода в программе RefCurv для рассматриваемых данных проводили на основе минимизации байесовского информационного критерия. Получали таблицы сглаженных значений 3-го, 10-го, 25-го, 50-го, 75-го, 90-го и 97-го центилей рассматриваемых признаков для мальчиков и

девочек с зависящими от возраста параметрами L , M и S для последующей стандартизации выборочных данных по формулам:

$$z = \frac{1}{SL} \left[\left(\frac{Y}{M} \right)^L - 1 \right] \text{ при } L \neq 0 \text{ и}$$

$$z = \frac{1}{S} \log \frac{Y}{M} \text{ при } L = 0,$$

где Y – исходное, а z – стандартизированное значение признака, или z -значение.

Таблица 2. Описание краниометрических точек
Table 2. Description of craniometric points

№ п/п	Название точки	Сокращение	Описание
1	Alare Dex*	al D	Край грушевидного отверстия справа
2	Alare Sin*	al S	Край грушевидного отверстия слева
3	Alveolare	ale	Самая нижняя точка альвеолярного края верхней челюсти между передними резцами
4	Choana Dex*	chn D	Латеральный край правой хоаны
5	Choana Sin*	chn S	Латеральный край левой хоаны
6	Foramen opticum Sin	forOpt S	Левый зрительный канал
7	Frontomolareorbitale Dex	fmo D	Латеральная точка крыши орбиты справа
8	Frontomolareorbitale Sin	fmo S	Латеральная точка крыши орбиты слева
9	Hormion*	ho	Основание сошника
10	Lamina cribrosa Ant*	lc A	Передняя точка ситовидной пластинки
11	Lamina cribrosa laterale Dex*	lcl D	Боковая точка ситовидной пластинки справа на уровне середины петушиного гребня
12	Lamina cribrosa laterale Sin*	lcl S	Боковая точка ситовидной пластинки слева на уровне середины петушиного гребня
13	Lamina cribrosa Post*	lc P	Задняя точка ситовидной пластинки
14	Maxillofrontale Dex	mfo D	Точка пересечения внутреннего края глазницы с лобно-челюстным швом справа
15	Maxillofrontale Sin	mfo S	Точка пересечения внутреннего края глазницы с лобно-челюстным швом слева
16	Mid-infraorbital Dex	mio D	Нижняя точка края орбиты справа
17	Mid-infraorbital Sin	mio S	Нижняя точка края орбиты слева
18	Mid-supraorbital Sin	mso S	Верхняя точка края орбиты слева
19	Nasion*	n	Точка пересечения носолобных швов со срединной сагиттальной плоскостью
20	Rhinion	rhi	Точка переднего края носовых костей на нижнем конце шва между ними
21	Sella	sel	Точка на дне турецкого седла
22	Staphylion*	sta	Точка в задней части костного неба на пересечении срединной сагиттальной плоскости с линией, соединяющей края задних вырезок неба
23	Subspinale*	ss	Точка на срединной сагиттальной плоскости ниже передней носовой ости
24	Zygion Dex	zy D	Наиболее выступающая в латеральном направлении точка на скуловой дуге справа
25	Zygion Sin	zy S	Наиболее выступающая в латеральном направлении точка на скуловой дуге слева
26	Zygomaxillare Dex	zm D	Самая нижняя точка на скулочелюстном шве справа
27	Zygomaxillare Sin	zm S	Самая нижняя точка на скулочелюстном шве слева

Примечание. * - точка использовалась для определения.

Notes. * - used for determination.

Таблица 3. Краниометрические расстояния

Table 3. Craniometric distances

№ п/п	Название	Описание
<i>Лицевой скелет</i>		
1	mso S – mio S	Высота левой орбиты
2	mfo S – fmo S	Ширина левой орбиты
3	mso S – zm S	Высота верхней челюсти слева
4	ss – ale	Высота альвеолярного отростка
5	n – ale	Высота лица
6	mfo S – mfo D	Межорбитальное расстояние медиальное
7	fmo S – fmo D	Межорбитальное расстояние латеральное
8	forOpt S – mfo S	Длина медиальной стенки левой глазницы
9	forOpt S – fmo S	Длина латеральной стенки левой глазницы
10	zy S – zy D	Скуловая ширина
11	mio S – mio D	Ширина лица между нижнеорбитальными точками
<i>Полость носа</i>		
12	rhi – ss	Высота грушевидного отверстия
13	al S – al D	Ширина грушевидного отверстия
14	chn S – chn D	Ширина хоан
15	sta – ho	Высота хоан
16	ss – sta	Длина носовой перегородки нижняя
17	n – ho	Длина носовой перегородки верхняя
<i>Переднее основание черепа</i>		
18	sel – n	Длина передней черепной ямки
19	lc A – lc P	Длина ситовидной пластинки
20	lcl S – lcl D	Ширина ситовидной пластинки

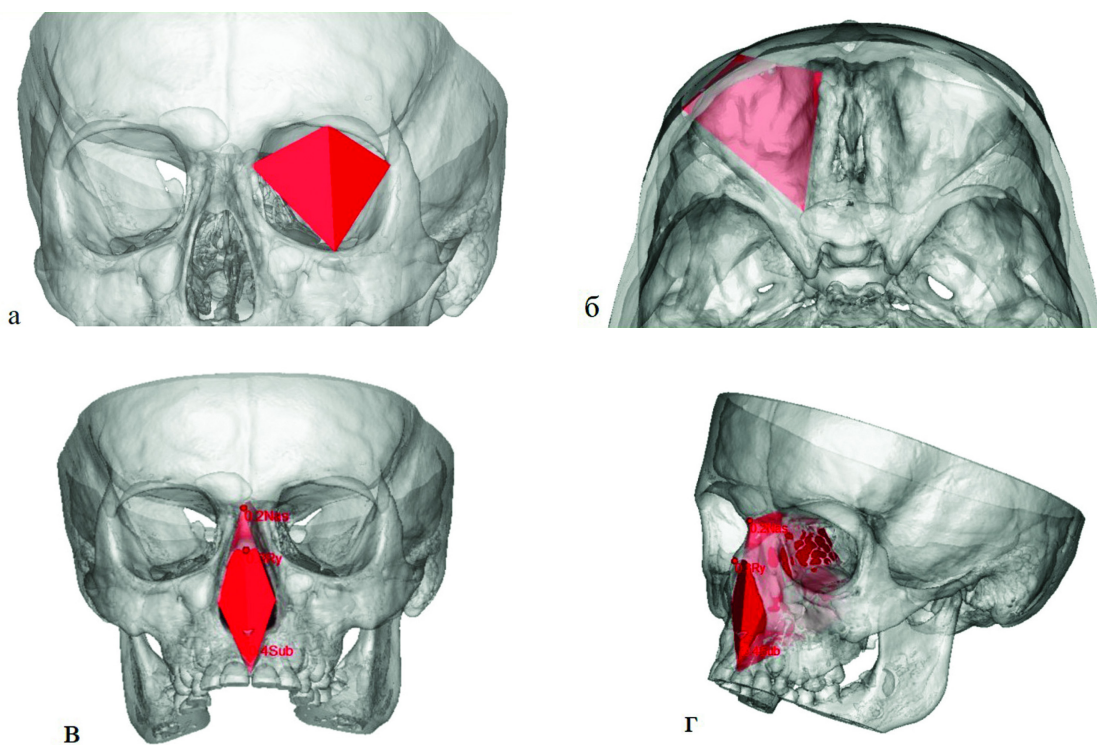


Рисунок 2. а, б – 3D изображение построения объема глазницы, в, г – 3D изображения построения объема полости носа
 Figure 2. a, b – 3D image of the construction of the orbital volume; c, d – 3D image of the construction of the nasal cavity volume

Результаты

Размеры лицевого скелета

Ростовые кривые некоторых признаков приводятся на рисунке 3, а основные статисти-

10

ческие показатели и ростовые кривые для всех признаков – в Приложении (Academia.edu URL: <https://www.academia.edu/120371501> Accessed: 01.06.2024)

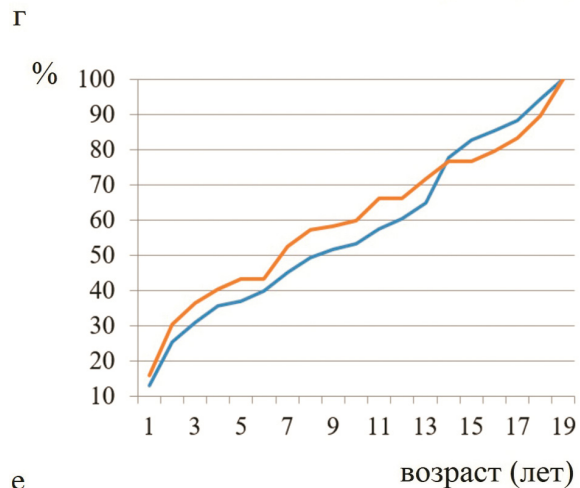
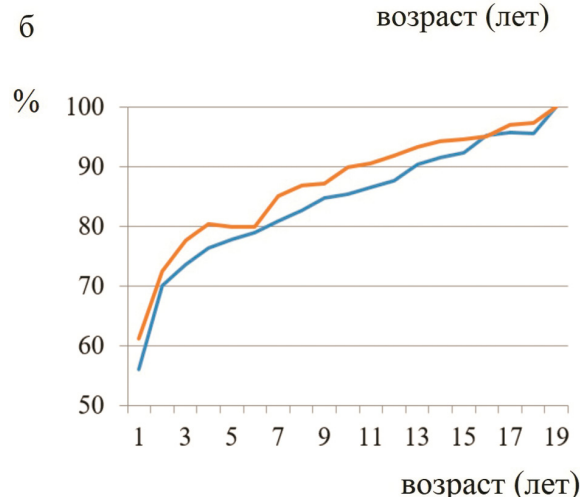
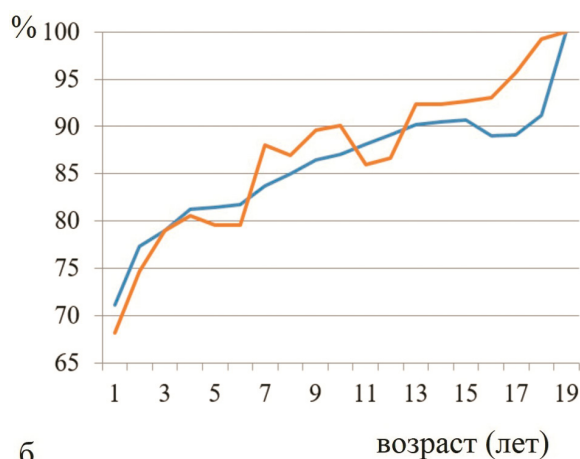
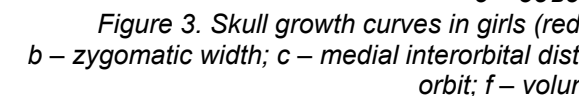
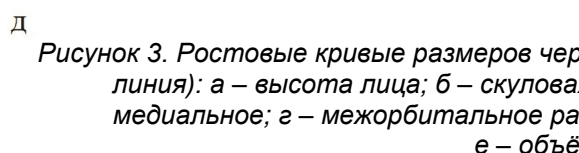
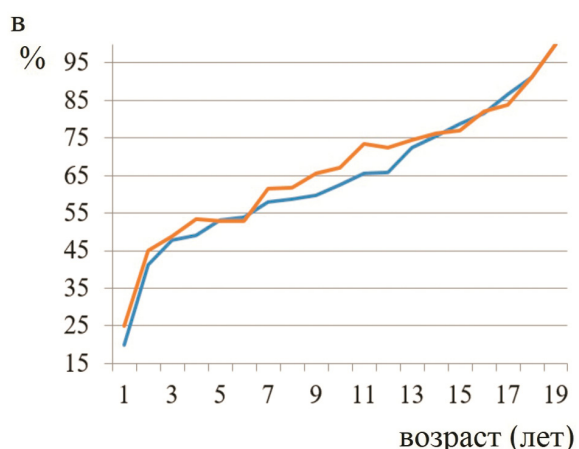
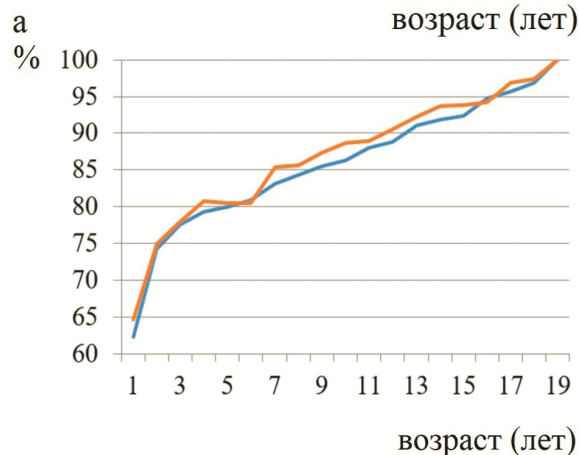
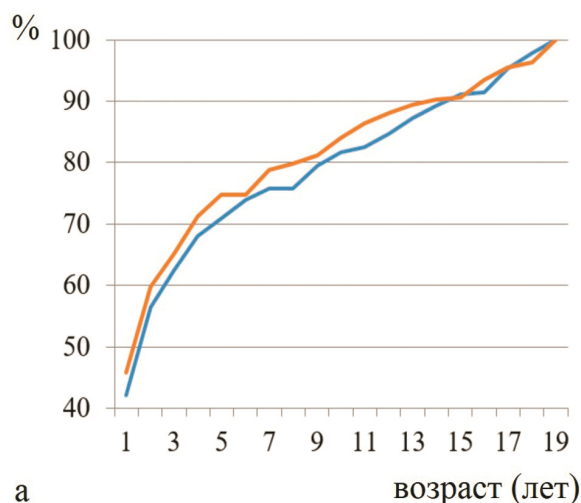


Рисунок 3. Ростовые кривые размеров черепа у девочек (красная линия) и мальчиков (синяя линия): а – высота лица; б – скуловая ширина; в – межорбитальное расстояние медиальное; г – межорбитальное расстояние латеральное; д – объем орбиты; е – объем полости носа

Figure 3. Skull growth curves in girls (red line) and boys (blue line): а – height of the face; б – zygomatic width; в – medial interorbital distance; г – lateral interorbital distance; д – volume of the orbit; е – volume of the nasal cavity

Высота лицевого скелета к моменту рождения у мальчиков и девочек (рис. 3а) составляет 42 и 46% взрослого размера соответственно. К концу первого года жизни она составляет 56 и 60%, а к 5 годам – 74 и 75%. Активное увеличение данного размера происходит в период пубертата, достигая к 16 годам 95% (рис. 3а). В течение всего препубертатного периода девочки опережают мальчиков в развитии данного признака, выравнивание происходит после 11 лет.

Высота глазницы к моменту рождения у мальчиков и девочек составляет 55 и 62% взрослого размера соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается резкое увеличение этого размера до 75 и 77%, и до 81% у тех и других – к возрасту 5 лет. Таким образом, высота глазницы в пренатальный период увеличивается гораздо сильнее, чем высота лица. Для периода с 6 до 15–16 лет характерная большая «зрелость» девочек по данному показателю. У обоих полов выражен пубертатный скачок, который у девочек начинается чуть раньше. Ширина глазницы к моменту рождения составляет 62 и 66% у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается увеличение этого размера до 76 и 77%, и к возрасту 5 лет – до 81 и 82%. Девочки опережают мальчиков до 14 лет, когда у последних наблюдается выраженный пубертатный спурт.

Длина медиальной стенки левой глазницы к моменту рождения составляет 61 и 64% у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается увеличение этого размера до 77 и 80% от взрослого. В возрасте 5 лет он составляет уже 85 % у обоих полов. У мальчиков наблюдается резко выраженный пубертатный спурт, которого нет у девочек. Длина латеральной стенки левой глазницы к моменту рождения составляет 58 и 59% у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается резкое увеличение этого размера до 73 и 74%, а в возрасте 5 лет он составляет 80 и 78% взрослого размера. В отличие от длины медиальной стенки, ростовые кривые данного признака очень сходны у обоих полов.

Медиальное межорбитальное расстояние (рис. 3б) к моменту рождения составляет 71 и 68 % взрослого размера у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается его увеличение до 77 и 75 %. В возрасте 5 лет он составляет 82 и 80%. Латеральное межорбитальное расстояние (рис. 3в) к моменту рождения составляет 62 и 65% у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается его увеличение до 74 и 75%, а в возрасте 5 лет – до 81% у тех и других. Ростовая динамика двух признаков различается очень сильно: для медиальной ширины характерен интенсивный рост в пренатальный период, что сближает этот признак с размерами мозгового черепа, тогда как рост латеральной ширины напоминает равномерное увеличение широтных признаков лицевого скелета (см. далее).

Высота верхней челюсти к моменту рождения составляет 43 и 45% взрослого размера у мальчиков и девочек соответственно. На первом году жизни рост происходит наиболее активно, достигая 57 и 56% взрослого размера. В возрасте 5 лет высота верхней челюсти составляет 73 и 70% с последующим ускорением роста в период пубертата у мальчиков, но не у девочек. Высота альвеолярного отростка к моменту рождения составляет 38 и 43% взрослого размера у мальчиков и девочек соответственно, к концу первого года жизни – 50 и 60%, а к 5 годам – 70 и 77%. Ростовые кривые обоих полов в целом сходны за исключением первых лет жизни, и особенно – периода от 4 до 8 лет (т.е. времени формирования зубов молочной генерации), когда девочки намного опережают мальчиков. Отмечается увеличение данного размера ко взрослому возрасту, однако, видимо, уже в период после пубертатного спурта.

На первом году жизни скуловая ширина у мальчиков и девочек составляет 56 и 61%, в возрасте 1 года – 70 и 73%, а в возрасте 5 лет – 88 и 92% взрослого размера, соответственно (рис. 3г). Практически во всех рассмотренных возрастах девочки опережают мальчиков по уровню развития данного признака.

Ширина лица между нижнеорбитальными точками к моменту рождения составляет 70 и 73%, к концу первого года жизни – 76 и 75%, а к 5 годам – 84% взрослого размера с последующим ускорением роста в период пубертата у мальчиков.

Объем глазницы к моменту рождения составляет 20 и 25% взрослого размера у мальчиков и девочек соответственно. На протяжении первого года жизни отмечается его увеличение до 41 и 45%, а в возрасте 5 лет – до 66 и 72%. Дальнейший рост отмечается к зрелому возрасту (рис. 3д).

Размеры полости носа

Ширина грушевидного отверстия у мальчиков и девочек к моменту рождения составляет 52 и 58% взрослого размера. В возрасте 1 год ширина грушевидного отверстия достигает 65 и 72% взрослого размера, в возрасте 5 лет – 82 и 86%. Ростовая кривая данного признака интересна и в какой-то мере необычна. На всём протяжении рассматриваемого периода онтогенеза значение признака у девочек существенно ближе к взрослому значению, чем у мальчиков. В период с 3 до 6 лет ширина грушевидного отверстия практически не меняется, в последующие два года резко увеличивается, а затем до 13–14 лет остаётся стабильной и даже несколько уменьшается. После этого, к зрелому возрасту, данный показатель увеличивается примерно на 10%.

Высота грушевидного отверстия к моменту рождения составляет 41 и 44% взрослого размера у мальчиков и девочек соответственно. К концу первого года жизни она составляет 54 и 58% взрослого размера, к 5 годам – 69 и 73%. Стоит отметить, по аналогии с динамикой ширины носа, опережающий рост у девочек в детском возрасте и пубертатное увеличение данного размера у мальчиков, не выраженное у девочек.

Ширина хоан у мальчиков и девочек к моменту рождения составляет 48 и 53%, а на первом году жизни достигает 60 и 59% взрослого размера. В дальнейшем отмечается умеренное увеличение данного размера до 73 и 70 % в возрасте 5 лет. Высота хоан у мальчиков и девочек к моменту рождения составляет 34 и 38%, а ко второму году жизни – 51 и 55% взрослого размера. В дальнейшем наблюдается увеличение размера до 68 и 65% в возрасте 5 лет. Ростовые кривые для обоих полов ширины и высоты хоан очень сходны, а сам процесс их роста отличается равномерностью. Высота хоан демонстрирует характерный для всех высотных признаков лицевого скелета ускоренный рост в первые годы жизни.

Нижняя длина перегородки носа к моменту рождения у мальчиков и девочек составляет 57 и 62% взрослого размера, соответственно. На первом году жизни рост происходит наиболее активно, и размеры достигают 68 и 72% от взрослого. В дальнейшем наблюдается линейный рост с достижением 79 и 81% в возрасте 5 лет. Верхняя длина перегородки носа к моменту рождения составляет 49 и 54% взрослого размера у мальчиков и девочек, соответственно. Активный рост на первом году жизни даёт увеличение до 65 и 70% взрослого размера. К 5 го-

дам размер достигает 79 и 78%. Обоим размерам свойствен опережающий рост у девочек, а для нижней длины перегородки носа наблюдается выраженный пубертатный скачок у мальчиков. Объём полости носа к моменту рождения составляет 13 и 16% взрослого размера у мальчиков и девочек. Ко второму году жизни он удваивается (25 и 30%), а в возрасте 5 лет составляет 40 и 43% взрослого размера (рис. 3е). Динамика роста объёма полости носа почти линейная, у мальчиков резко выражен пубертатный скачок.

Размеры переднего основания черепа

Длина ситовидной пластинки к моменту рождения у мальчиков и девочек составляет 85 и 86% взрослого размера и в дальнейшем меняется очень мало. Некоторое увеличение наблюдается между подростковым и зрелым возрастом. Ширина ситовидной пластинки, по сути, не меняется от рождения до 13 лет у мальчиков и до 16 лет у девочек, составляя 70–80% взрослого размера. Некоторое увеличение ширины ситовидной пластинки происходит в пубертатный период у мальчиков и к наступлению зрелости – у девушек.

Длина передней черепной ямки к моменту рождения составляет 58 и 62% у мальчиков и девочек. На протяжении первого года жизни отмечается увеличение этого размера до 72 и 77%, а к возрасту 5 лет – до 85 и 83% соответственно (рис. 4).

Центильные таблицы для всех изученных краниометрических признаков приведены в виде онлайн-приложения к статье (Academia.edu URL: <https://www.academia.edu/120371501> Accessed: 01.06.2024).

Обсуждение

Полученные нами данные подтверждают отличия динамики роста различных структур лицевого скелета и передней части основания черепа. Для каждого возрастного периода характерна своя уникальная комбинация степени зрелости разных структур, что должно учитываться при оценке пациентов и результатов оперативных вмешательств.

Рассмотренные признаки можно поделить на несколько групп исходя из специфики их ростовой динамики. К первой группе относятся размеры ситовидной пластинки, которые уже при рождении близки к взрослому размеру и в постнатальном онтогенезе меняются мало. Вто-

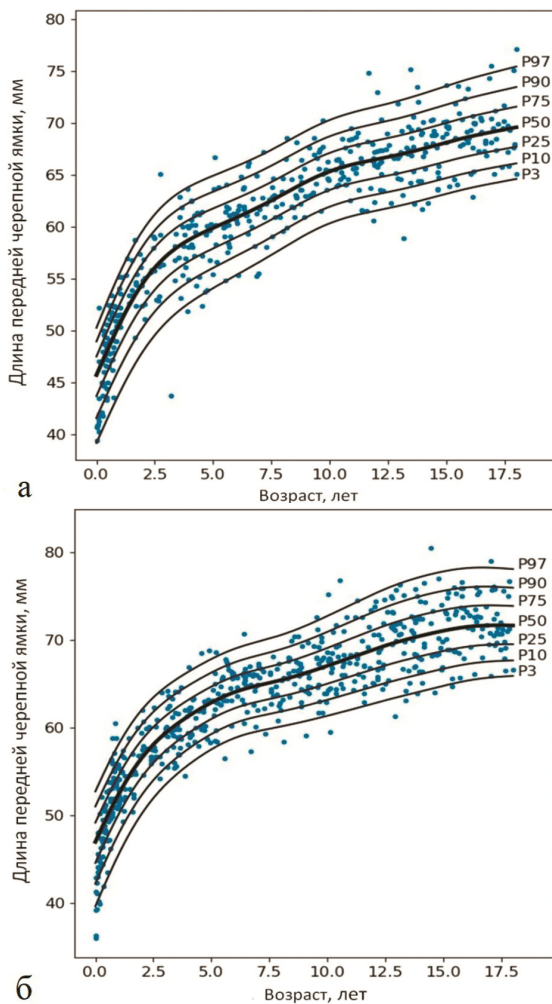


Рисунок 4. Центильные кривые возрастной изменчивости длины передней черепной ямки: а – девочки, б – мальчики

Figure 4. Centile curves for the age-related variability in the length of the anterior cranial fossa: a – girls, b – boys

рая группа преимущественно включает признаки области глазницы, которые к рождению достигают 55–60% взрослого размера, очень быстро растут в первый год жизни, и к 5 годам составляют 80–85% взрослого размера. Третья группа – это широтные размеры лицевого скелета, такие как ширина грушевидного отверстия, скуловой и нижнеорбитальный диаметры, а также сагиттальные размеры носовой полости. Они достигают около 50–55% взрослого размера при рождении и далее растут равномерно, достигая 65–70% дефинитивного значения ко второму году жизни, и, за исключением ширины носа, около 80% – к 5 годам. Наконец, четвёртая груп-

па включает высотные размеры лицевого скелета (высота грушевидного отверстия, лица, верхней челюсти, хоан и альвеолярного отростка), которые при рождении составляют всего около 40% взрослого размера, но затем интенсивно растут, достигая к 5 годам около 70% дефинитивного значения.

Наблюдается большая «зрелость» девочек на момент рождения [Syutkina et al., 2023], сохраняющаяся вплоть до пубертатного периода. Выраженное пубертатное ускорение роста отмечается только у мальчиков, по следующим признакам: ширина глазницы, длина медиальной стенки глазницы (что, вероятно, связано с усилением выступания носа), высота верхней челюсти, высота носа, нижняя длина носовой перегородки, объём носовой полости, ширина ситовидной пластинки. Кроме того, наблюдается увеличение ряда признаков между юношеским и зрелым возрастом, проявляющееся, как правило, у обоих полов: высота глазницы, длина латеральной стенки глазницы, межорбитальное расстояние, высота верхней челюсти (только у девушек), высота альвеолярного отростка, объём глазницы, ширина носа, высота хоан, длина ситовидной пластинки, ширина ситовидной пластинки (только у девушек).

Важно отметить отличия паттерна роста двух топографически связанных структур основания черепа. Ситовидная пластинка растёт преимущественно в пренатальный период, тогда как передняя черепная ямка демонстрирует типичный «нейтральный» тип роста, с достижением почти взрослого размера в раннем постнатальном онтогенезе. Динамика роста последней напрямую связана с ростом полости черепа [Satanin et al., 2024].

Необходимо отметить, что, в отличие от размеров ситовидной пластинки, передняя черепная ямка увеличивается в длину почти вдвое. Соответственно, в клинических ситуациях, говоря о размерах дефектов на основании черепа, а именно передней черепной ямки, следует учитывать относительные размеры дефектов по сравнению с её длиной.

Ширина и высота орбиты, латеральная и медиальная длины – все эти признаки демонстрируют разные тенденции роста, что ещё раз говорит о том, что глазницу нельзя рассматривать как некий «единый модуль» лицевого черепа. Относительная величина всех размеров сходна при рождении, что, вероятно, связано с влиянием роста глазного яблока в пренатальный

период, однако после рождения ростовые процессы размеров глазницы различаются очень сильно.

Высотные и поперечные размеры грушевидного отверстия демонстрируют различные модели роста. В то время как онтогенетические траектории высоты носа и верхней части лица почти идентичны, тенденция роста ширины носа гораздо более сходна с ростовой динамикой скулово-верхнечелюстного комплекса, чем высоты носа.

Заключение

В настоящем исследовании приведены наиболее подробные данные о ростовых процессах лицевого скелета и передней части основания черепа у современных здоровых детей в возрасте от рождения до 18 лет. Размеры ситовидной пластинки при рождении близки к взрослому размеру и в постнатальном онтогенезе меняются мало. Признаки области глазницы к рождению достигают 55–60% взрослого размера, очень быстро растут в первый год жизни, к 5 годам составляют 80–85% взрослого размера. Широтные размеры лицевого скелета, такие как ширина грушевидного отверстия, скуловой и нижнеорбитальный диаметры, а также сагиттальные размеры носовой полости достигают около 50–55% взрослого размера при рождении и далее растут равномерно, достигая 65–70% дефинитивного значения ко второму году жизни, и, за исключением ширины носа, около 80% – к 5 годам. Высотные размеры лицевого скелета (высота грушевидного отверстия, лица, верхней челюсти, хоан и альвеолярного отростка), при рождении составляют всего около 40% взрослого размера, но затем интенсивно растут, достигая к 5 годам около 70% дефинитивного значения.

По относительным размерам большинства рассматриваемых признаков выявлена большая «зрелость» девочек на момент рождения, сохраняющаяся вплоть до пубертатного периода. Выраженное пубертатное ускорение роста отмечается только у мальчиков, по следующим признакам: ширина глазницы, длина медиальной

стенки глазницы, высота верхней челюсти, высота носа, нижняя длина носовой перегородки, объем носовой полости, ширина ситовидной пластинки.

Понимание различий онтогенетической динамики разных структур черепа, как и межполовых различий этой динамики, и использование ростовых стандартов необходимы для объективной оценки степени патологических изменений этих структур, планирования лечения и контроля его результатов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова (Евтеев А.А.).

Библиография

Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия: методика антропологических исследований. М.: Наука. 1964. 128 с.

Сатанин Л.А., Джанджава Н.Н., Евтеев А.А., Черникова Н.А., Сахаров А.В., Иванов А.Л., Тере В.А., Рогинский В.В. Трудности дифференциальной диагностики сагиттального синостоза (скафоцефалии) // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н.Бурденко, 2023. Т. 87. № 4. С. 74–82. DOI: 10.17116/neiro20238704174.

Информация об авторах

Черникова Надежда Алексеевна; ORCID ID: 0000-0002-4895-233X; Chernikhope@gmail.com;

Евтеев Андрей Алексеевич, д.б.н.; ORCID ID: 0000-0002-6254-1203; evteandr@gmail.com;

Сатанин Леонид Александрович, к.м.н.; ORCID ID: 0000-0003-2051-1855; LSatanin@nsi.ru;

Руднев Сергей Геннадьевич, к.ф.-м.н.; ORCID ID: 0000-0001-5437-8429; rdnv2019@yandex.ru;

Ракитянский Михаил Михайлович; ORCID ID: 0009-0003-4555-7339; Michael13@mail.ru;

Сатанина Татьяна Леонидовна; ORCID ID: 0009-0007-3669-8171; tatianasatanina@yandex.ru;

Шелеско Елизавета Владимировна, к.м.н.; ORCID ID: 0000-0002-8249-9153; EShelesko@nsi.ru.

Поступила в редакцию 01.06.2024,
принята к публикации 07.08.2024

Chernikova N.A.¹⁾, Evteev A.A.²⁾, Satanin L.A.¹⁾, Rudnev S.G.³⁾,
Rakityansky M.M.⁴⁾, Satanina T.L.⁴⁾, Shelesko E.V.¹⁾

¹⁾ *Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery,
4th Tverskaya-Yamskaya str., 16, Moscow, 125047, Russia*

²⁾ *Lomonosov Moscow State University, Anuchin Research Institute and
Museum of Anthropology, Mokhovaya str., 11, Moscow, 125009, Russia*

³⁾ *Marchuk Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences,
Gubkin str., 8, Moscow, 119333, Russia*

⁴⁾ *Pirogov Russian National Research Medical University,
Ostrovityanova str., 1, Moscow, 117997, Russia*

GROWTH PROCESSES OF THE FACIAL SKELETON AND ANTERIOR BASE OF THE SKULL IN HEALTHY CHILDREN FROM BIRTH TO 18 YEARS

Introduction. A number of diseases, including craniosynostosis, basal encephaloceles, and fibrous dysplasia, can be accompanied by deformities in the facial skeleton and the skull base. To quantify the degree of pathological deformity and the dynamics of skull bone growth in these patients, data from healthy children's growth processes is needed. The aim of this study is to describe the normal growth of the main craniometric variables of the facial skeleton and the anterior skull base in healthy children aged 0 to 18 years old, and to create percentile standards for these variables.

Materials and methods. Our study uses cross-sectional retrospective computed tomography (CT) data of the head and face of 1,034 children, aged 0-18 years, who had sustained traumatic brain injuries without damage to the bone structures. Craniometric landmarks used in anthropological and medical craniometry were mapped onto 3D models of patient skull. Twenty linear distances between the landmarks, as well as the volumes of the left orbit and nasal cavity, were calculated. The data were analyzed separately for male and female participants. The RefCurv version 0.4.2 software was used to create percentile reference curves using the LMS method.

Results. The gender and age-related characteristics of the growth dynamics of the various structures of the facial skeleton and anterior base of the skull are characterized. The centile standards for normal variability of the craniometric data are provided for use in medical practice.

Conclusion. This study provides the most comprehensive data on the growth patterns of the facial skeleton and the anterior part of the skull base in healthy children aged between birth and 18 years old. The dimensions of the cribriform plate at birth are close to the adult size and change little during postnatal ontogenesis. The features of the orbital region reach 55-60% of the adult size at birth, grow very rapidly in the first year of life, and by the age of 5 constitute 80-85% of the adult size. The latitudinal dimensions of the facial skeleton, such as the width of the pyriform aperture, the zygomatic and inferior orbital diameters, as well as the sagittal dimensions of the nasal cavity reach about 50-55% of the adult size at birth and then grow uniformly, reaching 65-70% of the definitive value by the second year of life, and, with the exception of the width of the nose, about 80% by the age of 5. The height dimensions of the facial skeleton (the height of the pyriform aperture, face, maxilla, choanae and alveolar process), at birth are only about 40% of the adult size, but then grow rapidly, reaching about 70% of the definitive value by the age of 5. According to the relative sizes of most of the variables, a higher maturity level in girls at the time of birth is revealed, which persists until puberty. A pronounced pubertal acceleration of growth is observed only in boys, based on the following characteristics: the width of the orbit, the length of the medial wall of the orbit, the height of the upper jaw, the height of the nose, the lower length of the nasal septum, the volume of the nasal cavity, and the width of the cribriform plate. Understanding the differences in the developmental dynamics of various skull structures, as well as sex differences in these dynamics and the use of growth

standards, is essential for an objective evaluation of the extent of pathological changes to these structures and for planning treatment and monitoring its outcomes.

Keywords: biological anthropology; craniometry; children and adolescents; facial skeleton; anterior base of the skull; growth standards; LMS method

DOI: 10.55959/MSU2074-8132-25-1-1

References

- Alexeev V.P., Debets G.F. *Craniometry: methods of anthropological research*. Moscow, Nauka, 1964. 128 p. (In Russ.).
- Satanin L.A., Dzhandzhgava N.N., Evteev A.A., Chernikova N.A., Sakharov A.V., Ivanov A.L., Tere V.A., Roginsky V.V. Difficulties in differential diagnosis of sagittal synostosis (scaphocephaly). *Burdenko's Journal of Neurosurgery*, 2023, 87 (4), pp. 74-82. (In Russ.). DOI: 10.17116/neiro20238704174.
- Caple J., Stephan C.N. A standardized nomenclature for craniofacial and facial anthropometry. *Int. J. Legal Med.*, 2016, 130 (3), pp. 863-879. DOI: 10.1007/s00414-015-1292-1.
- Cole T.J., Green P.J. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Stat. Med.*, 1992, 11 (10), pp. 1305-1319. DOI: 10.1002/sim.4780111005.
- Evteev A., Anikin A., Satanin L. Midfacial growth patterns in males from newborn to 5 years old based on computed tomography. *Am. J. Hum. Biol.*, 2018, 30 (11), e23132. DOI: 10.1002/ajhb.23132.
- Rigby R.A., Stasinopoulos D.M. Generalized additive models for location, scale and shape. *J. R. Stat. Soc. (Ser. A) (Appl. Stat.)*, 2005, 54 (3), pp. 507-554. DOI: 10.1111/j.1467-9876.2005.00510.x.
- Satanin L.A., Evteev A.A., Rudnev S.G., Satanina T.L., Roginsky V.V. Normative reference data for intracranial volume in children: The results of CT volumetry. *Child's Nerv. Syst.*, 2024, 40 (6), pp. 1873-1879. DOI: 10.1007/s00381-024-06318-7.
- Satanin L., Teterin I., Evteev A., Sakharov A., Kölby L., Lemeneva N., Roginsky V. Introduction of spring-assisted cranioplasty for scaphocephaly in Russia: first cases evaluated using detailed craniometry and principal component analysis. *J. Plast. Surg. Hand Surg.*, 2019, 53 (3), pp. 173-179. DOI: 10.1080/2000656X.2019.1571501.
- Syutkina T., Anikin A., Satanin L., Evteev A. Sexual dimorphism in human midfacial growth patterns from newborn to 5 years old based on computed tomography. *J. Anat.*, 2023, 242 (2), pp. 132-145. DOI: 10.1111/joa.13776.
- von Cramon-Taubadel N. Congruence of individual cranial bone morphology and neutral molecular affinity patterns in modern humans. *Am. J. Physiol. Anthropol.*, 2009, 140 (2), pp. 205-215. DOI: 10.1002/ajpa.21041.
- Winkler C., Linden K., Mayr A., Schultz T., Welchowski T., Breuer J., Herberg U. RefCurv: a software for the construction of pediatric reference curves. *Software Imprints*, 2020, 6, 100040. DOI: 10.1016/j.simpa.2020.100040.

Information about the authors

Chernikova Nadezhda A.; ORCID ID: 0000-0002-4895-233X; Chernikhope@gmail.com;

Evteev Andrej A., PhD, DSc.; ORCID ID: 0000-0002-6254-1203; evteandr@gmail.com;

Satanin Leonid A., PhD; ORCID ID: 0000-0003-2051-1855; LSatanin@nsi.ru;

Rudnev Sergei G., PhD; ORCID ID: 0000-0001-5437-8429; rdnv2019@yandex.ru;

Rakityansky Mikhail M.; ORCID ID: 0009-0003-4555-7339; Michael13@mail.ru;

Satanina Tatiana L.; ORCID ID: 0009-0007-3669-8171; tatianasatanina@yandex.ru;

Shelesko Elizaveta V., PhD; ORCID ID: 0000-0002-8249-9153; EShelesko@nsi.ru.

© 2025. This work is licensed under a CC BY 4.0 license