

Оценка морфометрических характеристик гипофиза и окружающих его тканей для создания дозиметрической модели

Шарагин П.А.¹, Толстых Е.И.¹, Шишкина Е.А.^{1,2}

¹ Южно-Уральский Федеральный научно-клинический центр медицинской биофизики
Федерального медико-биологического агентства, Челябинск, Россия

² Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

Облучение гипофиза может увеличивать риск возникновения гормонозависимых раков, например, рака молочной железы. Гипофиз расположен в гипофизарной ямке клиновидной кости и может облучаться остеотропными радионуклидами, такими как ⁹⁰Sr. Международная комиссия по радиологической защите не выделяет гипофиз как отдельный орган при расчете доз облучения от инкорпорированных радионуклидов. В связи с этим актуальной задачей является создание дозиметрической модели, которая имитирует геометрию тканей источников – костей черепа, ткани мишени – гипофиза и прилегающих тканей. Такая модель позволит рассчитать коэффициенты перехода от активности радионуклида в кости к мощности дозы в гипофизе. Для построения модели необходимо провести систематический обзор данных о размерах гипофиза и окружающих тканей. Цель исследования: оценить морфометрические характеристики, необходимые для построения вычислительного дозиметрического фантома гипофиза и окружающих его тканей для людей следующих возрастных групп: новорожденный, 1 год, 5 лет, 10 лет, 15 лет, взрослые. Материалы и методы: В состав модели предполагается включить, структуры в пределах 1,5 см вокруг гипофиза. Поэтому на основе опубликованных результатов измерений оценивались характеристики следующих тканей: часть головного мозга, содержимое клиновидной пазухи, сосуды вокруг гипофиза, гипофиз, часть клиновидной кости. Результаты исследования и обсуждение: Для всех возрастных групп были оценены характеристики моделируемых объектов, для турецкого седла они варьировали в пределах 3,4–13,3 мм, а для гипофиза – 3,8–13,6 мм. Эти значения основаны на исследованиях ~ 5000 человек. Размеры сосудистых синусов оценены в пределах 1–1,7 мм, толщина оболочек гипофиза – 0,57 мм. Толщина кортикальной кости – 0,75 мм, доля костной ткани в объеме губчатой кости – 39 %. Заключение: Результаты настоящей работы, будут использованы для создания трехмерных вычислительных дозиметрических фантомов гипофиза и окружающих тканей для разных возрастных групп.

Ключевые слова: вычислительные фантомы, внутреннее облучение, гипофиз, турецкое седло.

Введение

Изучение орган-специфичных радиогенных рисков онкологий в эпидемиологических когортах традиционно проводится относительно доз облучения этих органов. Однако отдаленные стохастические эффекты малых и средних доз могут быть иммуно- или гормоно-опосредованы. Иными словами, орган-мишень может не совпадать с локализацией опухоли и это может значимо повлиять на анализ радиационных рисков в случае неравномерного облучения организма. В частности, исследования избыточного относительного риска заболеваемости гормонозависимым раком молочной железы у аварийно-облученных лиц Уральского региона [1] ранее проводились относительно доз облучения молочной железы. При этом известно, что облучение гипофиза может приводить к его дисфункции [2–6], что в свою очередь может увеличивать риск возникновения гормонозависимых раков, таких как рак молочной железы [7, 8].

Гипофиз расположен на нижней поверхности головного мозга, в гипофизарной ямке турецкого седла клиновидной кости и может облучаться остеотропными радионуклидами.

В частности, члены когорты аварийно-облученных лиц Уральского региона подвергались сочетанному воздействию внешнего и внутреннего облучения, и одним из основных дозообразующих радионуклидов был ⁹⁰Sr [9]. ⁹⁰Sr является долгоживущим бета-излучателем, который, при попадании в организм накапливается в костной ткани, что может приводить к хроническому облучению гипофиза. Таким образом, доза на гипофиз может быть существенно выше, чем доза облучения молочной железы. Учет доз на гипофиз может привести к переоценке радиогенных рисков.

В настоящее время Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) не выделяет гипофиз как отдельный орган при расчете поглощенных доз облучения от инкорпорированных радионуклидов [10]. Таким образом, встает проблема разработать метод оценки доз внутреннего облучения гипофиза остеотропными радионуклидами. Для этого нужно создать дозиметрическую модель, имитирующую геометрию тканей источников – костей черепа, ткани мишени – гипофиза, а также прилегающих тканей, которые могут влиять на перенос излучения – головного мозга, мозговых оболочек и кровеносных сосудов. Такая модель необходима для моделирования транспорта излучений, что

Шарагин Павел Алексеевич

Южно-Уральский федеральный научно-клинический центр медицинской биофизики

Адрес для переписки: 454014, Россия, Челябинск, ул. Воровского, 68-А; E-mail: sharagin@urcrm.ru

позволит рассчитать коэффициенты перехода от активности радионуклида в кости к мощности дозы, поглощенной в гипофизе. Построение дозиметрической модели требует изучения доступных данных о размерах гипофиза и турецкого седла с учетом возрастных изменений. В рамках настоящей работы был проведен систематический обзор доступных медико-биологических источников информации.

Цель исследования – оценить основные морфометрические характеристики, необходимые для построения вычислительного дозиметрического фантома гипофиза и окружающих его тканей для людей следующих возрастных групп: новорожденный, 1 год, 5 лет, 10 лет, 15 лет, взрослые.

Материалы и методы

Объекты моделирования

В состав дозиметрической модели предполагается включить, анатомические структуры, расположенные в пределах 1,5 см вокруг гипофиза. Эта величина соответствует средней длине свободного пробега электронов с энергией ~ 2 МэВ (максимальная энергия спектра излучения $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$) в тканях мозга в приближении непрерывного замедления. Поэтому оценивались характеристики следующих тканей: часть головного мозга, содержащее клиновидной пазухи, сосуды вокруг гипофиза, гипофиз, трабекулярная кость в составе ската клиновидной кости, кортикальная кость в составе ската клиновидной кости, кортикальная кость в составе турецкого седла и клиновидной пазухи.

Методы поиска публикаций

Исследование включало поиск публикаций, по ключевым словам, в поисковых системах Google, Yandex, а также в специализированных системах eLIBRARY.RU, PubMed, Academia.edu, ScienceDirect. Ключевые слова и фразы: «турецкое седло», «форма турецкого седла», «морфометрия клиновидной кости», «гипофиз», «измерения», «оболочки гипофиза», «сосуды головного мозга», «сагиттальный срез», «шишковидная железа», «pituitary gland», «head tissues density», «sella turcica», «clinoid bone», «clinoid process», «sella turcica 3-D model». В качестве источников информации принимались научные статьи в рецензируемых журналах, монографии, гистологические атласы. Для анализа принимались результаты измерений с использованием различных техник: результаты анализа КТ, микро-КТ и МРТ изображений компьютерной томографии (КТ), компьютерной микротомографии (микро-КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), гистологических срезов, анализ патологоанатомического материала. Важно отметить, что при анализе морфометрических характеристик результаты измерений, основанных на данных аутопсий, имели наибольший приоритет. Все обнаруживаемые источники информации регистрировались в виде электронной таблицы с указанием типа источника (оригинальная статья, первичные данные из открытых источников, литературный обзор или метаанализ, и т.д.), даты обращения и причин принятия/отказа.

Представление данных

Результаты анализа основных морфометрических характеристик гипофиза и турецкого седла систематизировались в электронных таблицах в программе MS Excel в виде справочников с указанием методов исследования, количества обследованных, источника информации; для среднегрупповых оценок, помимо средней оценки, указывалось

стандартное отклонение и/или диапазон измеренных значений. Усреднение опубликованных данных проводилось с учетом количества измеренных людей в исследовании. Поэтому каждому результату приписывался взвешивающий коэффициент (W_n). W_n равен 1 если исследование включает измерения более 12 людей/образцов. В противном случае $W_n = N/12$. Взвешивающие коэффициенты нормировались так, чтобы их сумма была равна 1. Графическое представление данных осуществлялось в программе SigmaPlot 12 (лицензионное программное обеспечение).

Критерии включения опубликованных результатов измерений

Использовались результаты измерений людей/образцов, которых авторы исследований определяли, как «здоровых», также в анализ включены результаты измерений, проведенных на контрольных группах. Этническая принадлежность субъектов и половые различия не учитывались в рамках данного исследования. Таким образом, данные для разных полов и этнических групп были объединены и анализировались вместе. Для анализа принимались результаты измерений с использованием различных техник: результаты анализа КТ, микро-КТ и МРТ изображений гистологических срезов, анализ патологоанатомического материала. Важно отметить что при анализе морфометрических характеристик, результаты измерений, основанных на данных аутопсий, имели наибольший приоритет.

В группу новорожденных было решено включить данные для плода от 38 недели развития и младенцев младше 0,5 лет. Для годовалого ребенка использовались данные по детям в возрасте 0,5–1,5 лет. Для других возрастных групп принимались результаты измерений людей, отличающихся от референтного возраста не более чем на 2 года. Для взрослых анализировались данные по людям старше 18 лет.

Критерии исключения

Только первичные данные принимались во внимание, то есть для оценки морфометрических характеристик гипофиза не использовались результаты литературных обзоров или сопоставление с неоригинальными данными при обсуждении результатов исследований. В исследование не включались публикации с неполным описанием целей, объектов и методов. В исследование не включались тезисы конференций, материалы сборников и прочие не рецензируемые публикации. В исследование не включались данные из тезисов публикаций (если полный текст не был доступен). В исследование не включались усредненные оригинальные данные без указания стандартного отклонения или диапазона измеренных значений.

На рисунке 1 представлена схема процесса отбора и исключения источников данных, используемых для вычисления основных усредненных морфометрических характеристик турецкого седла и гипофиза в настоящем исследовании. Публикации, исключенные до просмотра, – это в основном нерелевантные источники, соответствующие ключевым словам, но не соответствующие цели исследования. После просмотра оставшихся источников были оставлены только те, что удовлетворяли вышеперечисленным критериям включения. На последнем этапе проверки данных использовались критерии исключения.



Рис 1. Схема процесса отбора и исключения источников данных
[Fig 1. Diagram of the process of selecting and excluding data sources]

Характеристики моделируемых структур

В литературе описана классификация форм турецкого седла, согласно которой выделяют несколько его типов, в зависимости от формы и положения клиновидной пазухи относительно турецкого седла [11, 12]. Также существует классификация турецкого седла по форме его передней и задней стенок [13-17]. В рамках настоящей работы по опубликованным данным были определены наиболее часто встречающиеся типы турецкого седла согласно обоим этим классификациям. Было принято решение моделировать турецкое седло нормального типа с клиновидной пазухой седловидного типа, т.е. имеющее вид, схематично представленный на рисунке 2.

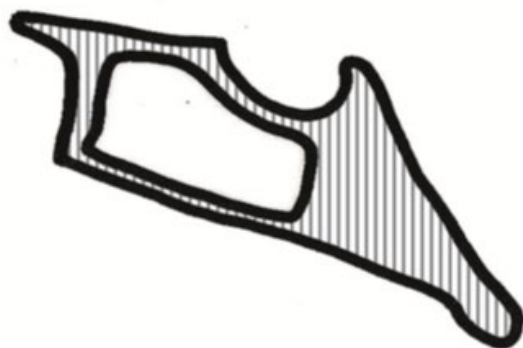


Рис 2. Схема турецкого седла нормального типа с клиновидной пазухой седловидного типа [11]
[Fig 2. Schematic image of a normal sella turcica with a sellar type clinoid sinus (sagittal projection) [11] and modelled area (inside the dotted line)]

По опубликованным данным оценивались стандартные морфометрические характеристики линейных размеров турецкого седла, а именно:

Длина (L_s) – расстояние между бугорком седла и наивысшей точкой клиновидного отростка

Глубина (D_s) – линия проведенная перпендикулярно от центральной точки длины турецкого седла к основанию гипофизарной ямки

Ширина (W_s) – расстояние между средними точками на боковых поверхностях дна турецкого седла.

Дополнительно, оценивалась толщина кортикального слоя – Ct.Th и доля костной ткани в объеме трабекулярной кости – BV/TV. Так как в моделируемый участок клиновидной кости входит часть клиновидной пазухи, были оценены особенности её строения для разных возрастных групп.

Измерения формы поверхности турецкого седла по опубликованным КТ снимкам гипофиза проводились в компьютерной программе GraphDigitizer [18].

Усреднение результатов измерений КТ снимков проводилось с использованием оригинального кода, написанного на языке Python 3.11.1.

Деформация трёхмерной модели поверхности турецкого седла проводилась с использованием программного обеспечения Blender 4.3.

По опубликованным данным оценивались следующие стандартные морфометрические характеристики линейных размеров гипофиза:

Длина – расстояние между нижней и верхней точкой гипофиза на продольном среднем сечении

Ширина – расстояние между боковыми поверхностями гипофиза на поперечном сечении

Высота – расстояние между передним и задним концом гипофиза на продольном сечении (перпендикулярно высоте)

Также оценены размеры сосудистых синусов и мозговых оболочек, которые заполняли пространство между гипофизом и турецким седлом.

Результаты и обсуждение

Для оценки усредненных значений основных морфометрических характеристик турецкого седла было проанализировано 17 литературных источников, включающих результаты измерений 2929 человек.

Полный набор основных морфометрических параметров турецкого седла был найден для взрослых и для новорожденных. Для детей в возрасте 5, 10, 15 лет найдены результаты измерений длины и глубины турецкого седла. Ширина турецкого седла для этих возрастных групп вычислялась линейной

интерполяцией данных для взрослых и новорожденных, в приближении, что средний возраст взрослых субъектов равен 45 лет. Для детей в возрасте 1 год не было найдено опубликованных результатов измерений турецкого седла, поэтому для данной возрастной группы все параметры были получены линейной интерполяцией данных для соседних возрастных групп: новорожденных и 5-летних. Опубликованные результаты измерений основных линейных размеров турецкого седла, их усреднение и интерполяция усредненных значений представлены на рисунке 3 на примере длины и глубины.

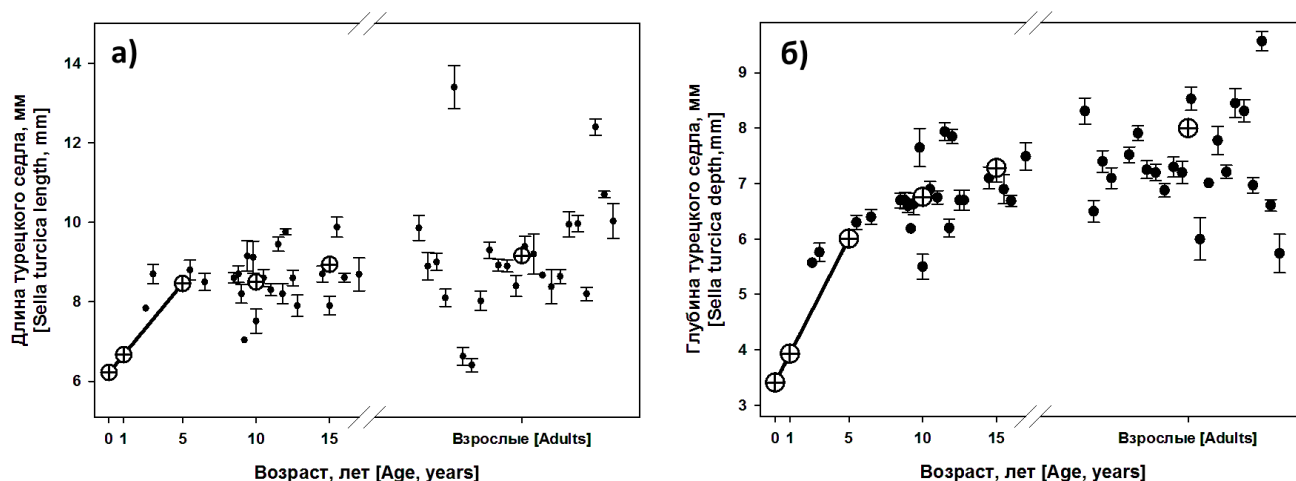


Рис 3. Усреднение опубликованных характеристик турецкого седла на примере: длины (а) и глубины (б). Черными точками обозначены результаты измерений из опубликованных работ, усредненные значения характеристик для референсных возрастов показаны белыми точками. Усы обозначают ошибку среднего

[Fig 3. Averaging of the published characteristics of the sella turcica by the example of length (a) and depth (b). The black dots indicate the measurement results from the published papers, the average values of the characteristics for the reference ages are shown by white dots. The whiskers indicate the error of mean]

Как показано на рисунке 2, усредненные значения высоты и глубины размеров турецкого седла для большинства возрастных групп основаны на большом количестве опубликованных результатов измерений. Вариабельность усредненных значений размеров для новорожденных и годовалых принималась равной среднему значению для прочих возрастных

групп. Вариабельность ширины турецкого седла для детей принималась такой же как для взрослых. Усредненные значения основных морфометрических характеристик турецкого седла, их вариабельность, а также источники литературы, которые использовались для их вычисления представлены в таблице 1.

Таблица 1

Усредненные линейные размеры турецкого седла, мм (среднее значение \pm стандартное отклонение)

[Table 1

Average linear dimensions of sella turcica, mm (mean \pm standard deviation)]					
Возрастная группа [Age group]	N*	Длина [Length]	Ширина [Width]	Глубина [Depth]	Источники [References]
0-24 недели [0-24 weeks]	7	6,22 \pm 1,20	9,9 \pm 1,80	3,40 \pm 0,61	19
1 год [1 year]	—	6,67 \pm 1,29	9,98 \pm 1,81	3,93 \pm 0,71	—
5 лет [5 years]	165	8,46 \pm 1,61	10,28 \pm 1,87	6,01 \pm 0,94	17; 20–22
10 лет [10 years]	780	8,51 \pm 1,65	10,65 \pm 1,93	6,76 \pm 1,14	21-25
15 лет [15 years]	370	8,94 \pm 1,65	11,03 \pm 2,00	7,28 \pm 1,35	15; 17; 20; 21
Взрослые [Adults]	1657	9,16 \pm 2,03	13,29 \pm 2,41	8,00 \pm 1,68	12, 14, 15, 17, 20-32

*N – количество людей/образцов, использованных в анализируемых источниках литературы [*N - number of people/samples used in the analyzed literature sources]

Как показано в таблице 1, средние размеры турецкого седла оценены для новорожденных в пределах 5- 9 мм и увеличиваются с возрастом до 8-12 мм, что отражает хорошо изученные закономерности роста скелета. Полученные усредненные значения размеров турецкого седла для взрослых хорошо соотносятся с опубликованными результатами метаанализа [33].

Как уже упоминалось выше, форма турецкого седла весьма вариабельна. Для получения усредненной формы турецкого седла использовались 11 опубликованных КТ-изображений этой области в сагиттальной проекции для

взрослых [11, 14, 20, 21, 25, 34, 35]. Все изображения были приведены к одному масштабу путем их деформации таким образом, чтобы каждое изображение соответствовало усредненным значениям длины турецкого седла (табл. 1). На каждом снимке на кривой поверхности турецкого седла были выбраны опорные точки, соединения которых может описать эту кривую (рис. 4а). Координаты точек рассчитывались в радиальной системе координат. Радиальные координаты опорных точек 11-ти изображений были усреднены внутри секторов в 20 градусов (как показано на рис. 4б).

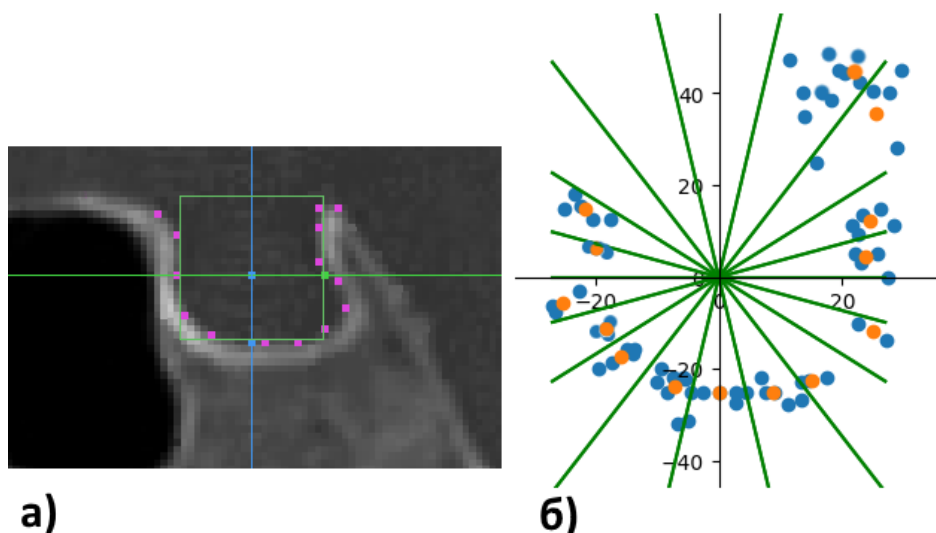


Рис 4. Оценка формы турецкого седла в сагиттальной проекции. Слева – пример нанесения опорных точек на изображение турецкого седла [34], справа – усреднение координат опорных точек турецкого седла (синие точки – координаты опорных точек, снятых с изображений турецкого седла, зеленые линии – сектора размером в 20 градусов, оранжевые точки – усредненные координаты точек внутри каждого сектора)

[Fig. 4. Assessment of the shape of the sella turcica from sagittal projection. On the left is an example of drawing the reference points to an image of the sella turcica [34], on the right is an averaging of the sella turcica reference points coordinates (the blue dots are the coordinates of the reference points taken from the images, the green lines are sectors measuring 20 degrees, the orange dots are the averaged coordinates of points inside each sector)]

Для оценки формы поверхности турецкого седла во всех проекциях, трехмерная модель турецкого седла [36] была деформирована таким образом, чтобы соответствовать усред-

ненным морфометрическим характеристикам и усредненной форме турецкого седла в сагиттальной проекции. Деформация модели турецкого седла представлена на рисунке 5.

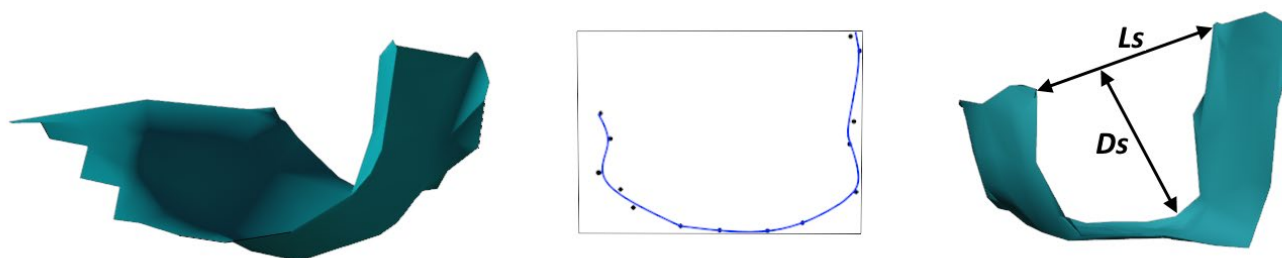


Рис 5. Деформация трехмерной модели поверхности турецкого седла [36]. Слева сагиттальная проекция участка исходной модели, описывающего турецкое седло, в центре – усредненная форма турецкого седла, справа – результат деформации модели с учетом средних линейных размеров

[Fig. 5. Deformation of the three-dimensional model of the sella turcica surface [36]. On the left is the sagittal projection of the section of the original model describing the sella turcica, in the center is the average shape of the sella turcica, on the right is the result of model deformation taking into account the average linear dimensions]

На рисунке 5 слева представлена деформированная модель турецкого седла; для деформации данную модель накладывали на точки, описывающие усредненную форму турецкого седла в сагиттальной проекции, после чего изменяли форму модели таким образом, чтобы её поверхность располагалась наиболее близко к этим точкам. Таким образом была получена усредненная трёхмерная модель поверхности турецкого седла взрослого. Форма турецкого седла, оценённая для взрослых, масштабировалась для прочих возрастных групп так, чтобы соответствовать значениям Ls и Ds .

Скат клиновидной кости

Форма ската клиновидной кости в сагиттальной проекции была оценена по 11 доступным КТ изображениям турецкого седла, использованным ранее. Форма ската клиновидной кости в прочих проекциях не учитывалась в рамках настоящей работы.

Костная ткань

Толщина кортикального слоя ската клиновидной кости оценена по опубликованным данным и равна 0,75 мм [37]. Для турецкого седла не было найдено опубликованных результатов измерений толщины кортикального слоя кости.

Для трабекулярной кости в составе турецкого седла и ската клиновидной кости не было найдено результатов измерений BV/TV, эти значения принимались равными таковыми для верхней челюсти. BV/TV для верхней челюсти принималось одинаковым для всех возрастов, было оценено по опубликованным данным и равно 39 % [38, 39].

Гипофиз

Для оценки усредненных значений основных морфометрических характеристик гипофиза было проанализировано 8 литературных источников включающих результаты измерений 2388 человек. На рисунке 6 представлены значения характеристик гипофиза, представленные в литературе, а также их усредненные значения для референсных возрастов.

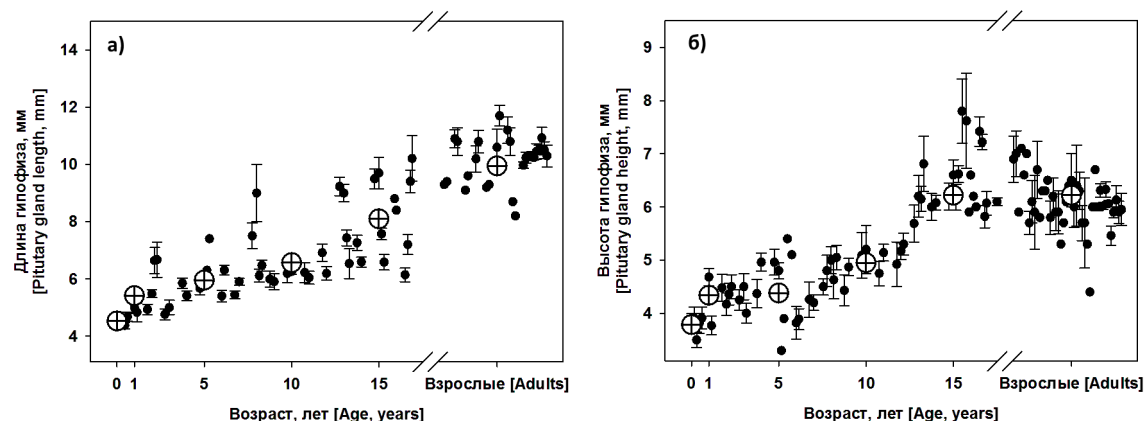


Рис. 6. Усреднение опубликованных характеристик гипофиза на примере: длины (а) и высоты (б). Черными точками обозначены результаты измерений из опубликованных работ, усредненные значения характеристик для референсных возрастов показаны белыми точками. Усы обозначают ошибку среднего

[Fig. 5. Averaging of the published characteristics of the pituitary gland by the example of length (a) and height (b). Black dots indicate the measurement results from published works, the average values of characteristics for reference ages are shown by white dots. The whiskers indicates the error of mean]

Как продемонстрировано на рисунке 6, усредненные значения линейных размеров гипофиза основаны на большом количестве опубликованных данных. Средние значения

основных морфометрических характеристик гипофиза и их вариабельность представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные морфометрические характеристики гипофиза, мм (среднее значение \pm стандартное отклонение)

[Table 2]

The main morphometric characteristics of the pituitary gland, mm (mean \pm standard deviation)]

Возрастная группа [Age group]	N*	Длина [Length]	Ширина [Width]	Высота [Height]	Источники [References]
0-24 недели [0-24 weeks]	66	4,53 \pm 0,51	9,22 \pm 1,04	3,8 \pm 0,67	40; 41
1 год [1 year]	93	5,41 \pm 0,95	10,4 \pm 1,4	4,30 \pm 0,7	40-42
5 лет [5 years]	122	5,96 \pm 0,65	11,3 \pm 1,64	4,40 \pm 0,9	30; 32; 40-42
10 лет [10 years]	166	6,6 \pm 1,05	12,6 \pm 1,41	5,0 \pm 1,0	40-42
15 лет [15 years]	235	8,1 \pm 1,37	13,4 \pm 1,7	6,2 \pm 1,1	28; 30; 32; 40-42
Взрослые [Adults]	1069	9,95 \pm 1,3	13,6 \pm 1,8	6,2 \pm 1,2	28; 30-32; 40-43

*N – количество людей/образцов использованных в анализируемых источниках литературы [*N - number of people/samples used in the analyzed literature sources]

Как показано в таблице 2, усредненные значения размеров гипофиза оценены в пределах 3,8–9,2 мм для новорожденных, и увеличиваются с возрастом до 6,2–13,6 мм для взрослых. Полученные усредненные значения размеров гипофиза для взрослых хорошо соотносятся с опубликованными результатами метаанализа [44].

Сосудистые синусы

По опубликованным данным были оценены размеры сосудистых синусов, расположенных между гипофизом и турецким седлом. В литературе описаны размеры переднего ($1,7 \pm 0,8$ мм), заднего ($1,5 \pm 0,5$ мм) и нижнего ($1,0 \pm 0,8$ мм) синуса [45]. Толщина соединительнотканной капсулы гипофиза в среднем равна $0,57 \pm 0,06$ мм согласно данным литературы [46].

Клиновидная пазуха

Согласно опубликованным данным [34, 47, 48], у большинства людей клиновидная пазуха развивается в период до 10 лет. У людей старше 10 лет она заполнена воздухом, а для детей младших возрастных групп большую часть области, где в будущем будет расположена пазуха, занимает трабекулярная кость [47].

Ограничения исследования

Представленные результаты исследования получены только для турецкого седла нормального типа с клиновидной пазухой седловидного типа. Ввиду небольшого количества изображений турецкого седла и ската клиновидной кости в сагиттальной проекции, использованных в данной работе, их усредненная форма была определена с большой погрешностью. Однако мы считаем такой результат приемлемым для создания трехмерной дозиметрической модели ввиду большой индивидуальной вариабельности формы турецкого седла. В ходе работы были определены только основные морфометрические характеристики гипофиза. Мы не оценивали его форму, как и форму сосудистых синусов. Эти структуры будут смоделированы упрощенно.

Заключение

В результате данной работы были получены усредненные значения линейных размеров турецкого седла и гипофиза для людей различного возраста. Размеры турецкого седла были в пределах 3,4–13,3 мм, а гипофиза 3,8–13,6 мм. Также для взрослых оценены форма турецкого седла и ската клиновидной кости в сагиттальной проекции, толщина кортикального слоя клиновидной кости, доля костной ткани в объеме губчатой кости. Была построена трёхмерная модель поверхности турецкого седла взрослого. Путем ее масштабирования в соответствии с усредненными значениями линейных размеров турецкого седла были получены модели поверхности турецкого седла для детей различных возрастных групп. Были оценены морфометрические характеристики тканей, расположенных вблизи гипофиза: сосудистых синусов и мозговых оболочек, а также особенности развития и пневматизации клиновидной пазухи.

Морфометрические характеристики, оцененные в результате настоящей работы, будут использованы в предстоящих исследованиях для оценки параметров трёхмерных вычислительных дозиметрических фантомов гипофиза и окружающих его тканей для разных возрастных групп.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Шарагин П.А. – анализ литературы, написание статьи, редактирование статьи.

Шишкина Е.А. – разработка концепции, дизайн исследования.

Толстых Е.И. – разработка концепции, редактирование статьи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Финансирование работы осуществлялось в рамках НИР «Отдаленные эффекты хронического облучения населения Уральского региона».

Литература

1. Крестинина Л.Ю., Микрюкова Л.Д., Шалагинов С.А. и др. Риск заболеваемости раком молочной железы у аварийно-облученных лиц Южного Урала // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 3. С. 69–79. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-69-79.
2. Ajmal A., McKean E., Sullivan S. et al. Decreased quality of life (QoL) in hypopituitary patients: involvement of glucocorticoid replacement and radiation therapy // Pituitary. 2018. Vol. 21, № 6. P. 624–630.
3. Appelman-Dijkstra N.M., Kokshoorn N.E., Dekkers O.M. et al. Pituitary dysfunction in adult patients after cranial radiotherapy: systematic review and meta-analysis // The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2011. Vol. 96, № 8. P. 2330–2340.
4. Agha A., Sherlock M., Brennan S. et al. Hypothalamic-pituitary dysfunction after irradiation of nonpituitary brain tumors in adults // The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 2005. Vol. 90, № 12. P. 6355–6360.
5. Lam K.S., Tse V.K., Wang C. et al. Effects of cranial irradiation on hypothalamic-pituitary function – a 5-year longitudinal study in patients with nasopharyngeal carcinoma // Quarterly journal of medicine. 1991. Vol. 78, № 286. P. 165–176.
6. VanKoeveering K.K., Sabetsarvestani K., Sullivan S.E. et al. Pituitary dysfunction after radiation for anterior Skull Base malignancies: incidence and screening // Journal of neurologic surgery. Part B, Skull base. 2020. Vol. 81, № 1. P. 75–81.
7. Contrera K.J., Phan J., Waguespack S.G. et al. Prevalence of pituitary hormone dysfunction following radiotherapy for sinonasal and nasopharyngeal malignancies // Head & neck. 2023. Vol. 45, № 10. P. 2525–2532. DOI: 10.1002/hed.27476.
8. Schuler L.A., O'Leary K.A. Prolactin: The Third Hormone in Breast Cancer // Frontiers in Endocrinology (Lausanne). 2022. Vol. 13, № 910978. DOI: 10.3389/fendo.2022.910978. PMID: 35784527; PMCID: PMC9244687.
9. Дёгтева М.О., Шагина Н.Б., Воробьева М.И. и др. Современное представление о радиоактивном загрязнении реки Теча в 1949–1956 гг. // Радиационная биология, радиоэкология. 2016. Т. 56, № 5. С. 523–534.
10. ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 2 Ingestion Dose Coefficients. ICRP Publication 67. Annals of the ICRP. 1993. Vol. 23, No 3-4.
11. Pirinc B., Fazliogullari Z., Guler I. et al. Classification and volumetric study of the sphenoid sinus on MDCT images // European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery. 2019. Vol. 276, № 10. P. 2887–2894. DOI: 10.1007/s00405-019-05549-8.
12. Dwairya A.L., Mousaa S., Fataftah A. et al. Morphometric analysis of the sella turcica and sphenoid sinus: a retrospective cross-sectional study // International Journal of Morphology. 2023. Vol. 41, № 3. P. 858–862.
13. Kayalioglu G., Erturk M., Varol T. Variations in sphenoid sinus anatomy with special emphasis on pneumatization and

- endoscopic anatomic distances // *Neurosciences (Riyadh)*. 2005. Vol. 10, № 1. P. 79-84.
14. Nagaraj T., Shruthi R., James L. et al. The size and morphology of sella turcica: A lateral cephalometric study // *Journal of medicine, radiology, pathology and surgery*. 2015. Vol. 1. P. 3-7.
 15. Konwar S.K., Singhla A., Bayan R. Morphological (Length, Depth, and Diameter) Study of Sella Turcica in Different Mandibular Growth Patterns in Indians // *International Journal of Dental and Medical Specialty*. 2016. Vol. 3, № 3. P. 4-9.
 16. AL-Mohana R.A.A.M., Muhammed F.K., Li X. et al. The bridging and normal dimensions of sella turcica in Yemeni individuals // *Oral Radiology*. 2022. Vol. 38. P. 162-170. DOI: 10.1007/s11282-021-00541-7.
 17. Hasan H.A., Alam M.K., Yusof A. et al. Size and morphology of sella turcica in Malay populations: a 3D CT study // *Journal of Hard Tissue Biology*. 2016. Vol. 25. P. 313-320. DOI: 10.2485/jhtb.25.313.
 18. GetData GraphDigitizer. URL: <http://getdata-graph-digitizer.com> (Дата обращения 01.06.2025).
 19. Covell W.P. Growth of the human prenatal hypophysis and the hypophyseal fossa // *American Journal of Anatomy*. 1927. Vol. 38. P. 379-422.
 20. Axelsson S., Storhaug K., Kjaer I. Post-natal size and morphology of the sella turcica. Longitudinal cephalometric standards for Norwegians between 6 and 21 years of age // *European Journal of Orthodontics*. 2004. Vol. 26, № 6. P. 597-604. DOI: 10.1093/ejo/26.6.597.
 21. Abebe G., Gebremickael A., Mergu P. et al. Morphometric Analysis of the Sella Turcica and its Variation with Sex and Age among Computed Tomography Scanned Individuals in Soddo Christian Hospital, Ethiopia // *International Journal of Anatomy Radiology and Surgery*. 2021. Vol. 10, № 2. P. 48-51.
 22. Motwani M.B., Biranjan R., Dhole A. et al. A study to evaluate the shape and size of sella turcica and its correlation with the type of malocclusion on lateral cephalometric radiographs // *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. 2017. Vol. 16. P. 126-132.
 23. Muhammed F.K., Abdullah A.O., Liu Y. Morphology, Incidence of Bridging, Dimensions of Sella Turcica, and Cephalometric Standards in Three Different Racial Groups // *Journal of Craniofacial Surgery*. 2019. Vol. 30, № 7. P. 2076-2081. DOI: 10.1097/SCS.0000000000005964.
 24. Muhammed F.K., Abdullah A.O., Liu Y. A morphometric study of the sella turcica: race, age, and gender effect // *Folia morphologica*. 2020. Vol. 79. P. 318-326.
 25. Issrani R., Alanazi S.H., Alrashed F.F. et al. Radiographic Analysis of Morphological Variations of Sella Turcica in Different Skeletal Patterns Among Saudi Subpopulations // *International Journal of General Medicine*. 2023. Vol. 16. P. 2481-2491. DOI: 10.2147/IJGM.S413903.
 26. Usman Z., Zagga A.D., Yunusa G.H. et al. Shapes and Sizes of Sella Turcica Using Computerized Tomography (CT) from Tertiary Hospital in Sokoto, Nigeria // *Asian Journal of Medicine and Health*. 2020. Vol. 18, № 1. P. 8-15. URL: <https://journalajmah.com/index.php/AJMAH/article/view/390> (Дата обращения 01.06.2025).
 27. Islam M., Alam M.K., Yusof A. et al. 3D CT Study of Morphological Shape and Size of Sella Turcica in Bangladeshi Population // *Journal of Hard Tissue Biology*. 2017. Vol. 26. P. 1-6.
 28. Ibinaiye P.O., Olarinoye-Akorede S., Kajogbola O. et al. Magnetic Resonance Imaging Determination of Normal Pituitary Gland Dimensions in Zaria, Northwest Nigerian Population // *Journal of Clinical Imaging Science*. 2015. Vol. 5. P. 29. DOI: 10.4103/2156-7514.157853.
 29. Önal V., Evren A., Chatzioglou G.O.N. et al. Anatomical features of sella turcica with comprehensive literature review // *Revista da Associacao Medica Brasileira*. 2023. Vol. 69. № 8. DOI: 10.1590/1806-9282.20230402.
 30. Jha A., Paudel N., Nepal S. et al. Normal Pituitary Gland Size and Morphology and Its Variations Related to Age and Gender: An MRI Evaluation // *Journal of Nepalgunj Medical College*. 2020. Vol. 18, № 1. P. 36-39. DOI: 10.3126/jngmc.v18i1.35175.
 31. Lamichhane T.R., Pangen S., Paudel S. et al. Age and gender related variations of pituitary gland size of healthy Nepalese people using magnetic resonance imaging // *American Journal of Biomedical Engineering*. 2015. Vol. 5, № 4. P. 130-35.
 32. Yadav P., Singhal S., Chauhan S. et al. MRI evaluation of size and shape of normal pituitary gland: Age and sex related changes // *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017. Vol. 11, № 12. DOI: 10.7860/JCDR/2017/31034.10933.
 33. Iskr T., Stachera B., Mozden' K. et al. Morphology of the Sella Turcica: A Meta-Analysis Based on the Results of 18,364 Patients // *Brain Science*. 2023. Vol. 13, № 8. P. 1208. DOI: 10.3390/brainsci13081208.
 34. Chen J., Pool C., Slonimsky E. et al. Anatomical Parameters and Growth of the Pediatric Skull Base: Endonasal Access Implications // *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*. 2022. Vol. 84. № 4. P. 336-348. DOI: 10.1055/a-1862-0321.
 35. Silveira B.T., Fernandes K.S., Trivino T. et al. Assessment of the relationship between size, shape and volume of the sella turcica in class II and III patients prior to orthognathic surgery // *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020. Vol. 42, № 5. P. 577-582. DOI: 10.1007/s00276-019-02406-5.
 36. BodyParts3D/Anatomography. URL: <https://lifesciencedb.jp/bp3d/> (Дата обращения: 17.06.2025).
 37. Lang J., Issing P. Über Messungen am Clivus, den Foramina an der Basis cranii externa und den oberen Halswirbeln [The measurements of the clivus, the foramina on the external base of the skull and the superior vertebrae] // *Annals of Anatomy*. 1989. Vol. 169, № 1. P. 7-34.
 38. Pryor McIntosh L., Strait D.S., Ledogar J.A. et al. Internal Bone Architecture in the Zygoma of Human and Pan // *The Anatomical Record*. 2016. Vol. 299, № 12. P. 1704-1717. DOI: 10.1002/ar.23499.
 39. González-García R., Monje F. Is micro-computed tomography reliable to determine the microstructure of the maxillary alveolar bone? // *Clinical Oral Implants Research*. 2013. Vol. 24, № 7. P. 730-737. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2012.02478.x.
 40. Sari S., Sari E., Akgun V. et al. Measures of pituitary gland and stalk: from neonate to adolescence // *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*. 2014. Vol. 27, № 11-12. P. 1071-1076. DOI: 10.1515/jpem-2014-0054.
 41. Argyropoulou M., Perignon F., Brunelle F. et al. Height of normal pituitary gland as a function of age evaluated by magnetic resonance imaging in children // *Pediatric Radiology*. 1991. Vol. 21, № 4. P. 247-249. DOI: 10.1007/BF02018614.
 42. Sahni D., Jit I., Harjeet. et al. Weight and dimensions of the pituitary in northwestern Indians // *Pituitary*. 2006. Vol. 9, № 1. P. 19-26. DOI: 10.1007/s11102-006-7503-5.
 43. Ju K.S., Bae H.G., Park H.K. et al. Morphometric study of the Korean adult pituitary glands and the diaphragma sellae // *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2010. Vol. 47, № 1. P. 42-47. DOI: 10.3340/jkns.2010.47.1.42.
 44. Bonczar M., Wysidecki G., Ostrowski P. et al. The Morphology of the Pituitary Gland: A Meta-Analysis with Implications for Diagnostic Imaging // *Brain Science*. 2023. Vol. 13, № 1. P. 89. DOI: 10.3390/brainsci13010089.
 45. Kosty J., Peterson R., Miriyala S. et al. An Anatomic Assessment of the Intercavernous Sinuses and Review of the Literature // *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*. 2022. Vol. 84, № 3. P. 266-271. DOI: 10.1055/a-1819-0144.
 46. Songtao Q., Yuntao L., Jun P. et al. Membranous layers of the pituitary gland: histological anatomic study and related clinical issues // *Neurosurgery*. 2009. Vol. 64, № 3 Suppl, P. ons1-ons10. DOI: 10.1227/01.NEU.0000327688.76833.F7.
 47. Fujioka M., Young L.W. The sphenoidal sinuses: radiographic patterns of normal development and abnormal findings in infants and children // *Radiology*. 1978. Vol. 129, № 1. P. 133. DOI: 10.1148/129.1.133.
 48. Tan H.K., Ong Y.K., Teo M.S. et al. The development of sphenoid sinus in Asian children // *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2003. Vol. 67, № 12. P. 1295-1302. DOI: 10.1016/j.ijporl.2003.07.012.

Поступила: 22.10.2025

Шарагин Павел Алексеевич – научный сотрудник лаборатории цифровых и вычислительных методов дозиметрии Южно-Уральского Федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства. **Адрес для переписки:** 454014, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, 68-А; E-mail: sharagin@urcrm.ru

ORCID: 0000-0002-1457-4916

Толстых Евгения Игоревна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией цифровых и вычислительных методов дозиметрии, ведущий научный сотрудник Южно-Уральского Федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства, Челябинск, Россия

ORCID: 0000-0002-4958-3214

Шишкина Елена Анатольевна – ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, директор Научно-исследовательского института радиологической защиты в составе Южно-Уральского Федерального научно-клинического центра медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства; Доцент кафедры радиобиологии Челябинского государственного университета, Челябинск, Россия

ORCID: 0000-0003-4464-0889

Для цитирования: Шарагин П.А., Толстых Е.И., Шишкина Е.А. Оценка морфометрических характеристик гипофиза и окружающих его тканей для создания дозиметрической модели // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 4. С. 83–93. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-83-93

The evaluation of morphometric characteristics of the pituitary gland and its adjacent tissues to elaborate a dosimetric model

Pavel A. Sharagin¹, Evgenia I. Tolstykh¹, Elena A. Shishkina^{1,2}

¹ Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency, Chelyabinsk, Russia

² Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

The pituitary gland exposure can lead to increase the risk of hormone-dependent cancers, such as breast cancer. The pituitary gland is located in the pituitary fossa of the sphenoid bone and can be exposed due to bone-seeking radionuclides such as ⁹⁰Sr. The Commission on Radiological Protection does not distinguish the pituitary gland as a separate organ for absorbed dose calculating from incorporated radionuclides. In this regard, an urgent task is to create a dosimetric model that simulates the geometry of the source-tissues – the bones of the skull, and the target-tissue – the pituitary gland and adjacent tissues. This model will allow us to calculate the dose factors converting the activity-concentration of radionuclide in the bone to the absorbed dose rate in the pituitary gland. To develop such a model, it is necessary to provide a systematic review of data on the size of the pituitary gland and surrounding tissues. Objective: to evaluate the morphometric characteristics necessary for constructing a computational dosimetric phantom of the pituitary gland and its adjacent tissues for people of the following age groups: newborn, 1-year-old, 5-year-old, 10-year-old, 15-year-old, adults. Materials and methods: The dosimetric model is supposed to include anatomical structures located within 1.5 cm around the pituitary gland. Therefore, the characteristics of the following tissues were evaluated based on published data: part of the brain, content of the sphenoid sinus, vessels around pituitary gland, pituitary gland, the sphenoid bone. Results and Discussion: The characteristics of the simulated objects were evaluated for all age groups, for the sella turcica they ranged from 3.4-13.3 mm, and for the pituitary gland – 3.8-13.6 mm. These values are based on studies of ~5,000 people. The size of the vascular sinuses is estimated at 1-1.7 mm, the thickness of the membranes of the pituitary gland is 0.57 mm. The thickness of the cortical bone was 0.75 mm, and the bone volume to total bone volume ratio was 39 %. Conclusion: The results of this work will be used for creating of three-dimensional computational dosimetric phantoms of the pituitary gland and its surrounding tissues for different age groups.

Key words: computational phantoms, internal dosimetry, pituitary gland, sella turcica.

Authors' personal contribution

Pavel A. Sharagin – data analysis, article writing.

Elena A. Shishkina – concept development, research design.

Evgenia I. Tolstykh – concept development, article editing.

Conflict of interests

The authors have no conflicts of interest to disclose.

Pavel A. Sharagin

Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics

Address for correspondence: 68A, Vorovsky Str., Chelyabinsk, 454141, Russia; E-mail: sharagin@urcrm.ru

Sources of funding

The work was funded within the framework of the research project: "Long-term effects of chronic radiation exposure of Ural region population".

References

- Krestinina LYu, Mikryukova LD, Shalaginov SA, Silkin SS, Epifanova SB, Akleyev AV. Breast cancer incidence risk in accidentally exposed persons of the Southern Urals. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(3): 69-79. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-69-79.
- Ajmal A, McKean E, Sullivan S, Barkan A. Decreased quality of life (QoL) in hypopituitary patients: involvement of glucocorticoid replacement and radiation therapy. *Pituitary*. 2018;21(6): 624-630.
- Appelman-Dijkstra NM, Kokshoorn NE, Dekkers OM, Neelis KJ, Biermasz NR, Romijne JA, et al. Pituitary dysfunction in adult patients after cranial radiotherapy: systematic review and meta-analysis. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2011;96(8): 2330-2340.
- Agha A, Sherlock M, Brennan S, O'Connor SA, O'Sullivan E, Rogers B, et al. Hypothalamic-pituitary dysfunction after irradiation of nonpituitary brain tumors in adults. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2005; 90(12): 6355-6360.
- Lam KS, Tse VK, Wang C, Yeung RT, Ho JH. Effects of cranial irradiation on hypothalamic-pituitary function – a 5-year longitudinal study in patients with nasopharyngeal carcinoma. *Quarterly journal of medicine*. 1991;78(286): 165-176.
- VanKoeveering KK, Sabetsarvestani K, Sullivan SE, Barkan A, Mierzwa M, McKean EL. Pituitary dysfunction after radiation for anterior Skull Base malignancies: incidence and screening. *Journal of neurological surgery. Part B, Skull base*. 2020; 81(1): 75-81.
- Contrera KJ, Phan J, Waguespack SG, Aldehaim M, Wang X, Lim TY, et al. Prevalence of pituitary hormone dysfunction following radiotherapy for sinonasal and nasopharyngeal malignancies. *Head & neck*. 2023;45(10): 2525-2532. DOI: 10.1002/hed.27476.
- Schuler LA, O'Leary KA. Prolactin: The Third Hormone in Breast Cancer. *Frontiers in endocrinology*. 2022;13(9): 10978. DOI: 10.3389/fendo.2022.910978. PMID: 35784527; PMCID: PMC9244687.
- Degteva MO, Shagina NB, Vorobiova MI, Shishkina EA, Tolstykh EI, Akleev AV. Contemporary Understanding of Radioactive Contamination of the Techa River in 1949-1956. *Radiatsionnaya biologiya, radioecologiya = Radiation biology, radioecology*. 2016;56(5): 523-534.
- ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 2 Ingestion Dose Coefficients. ICRP Publication 67; 1993. *Annals of the ICRP*. 1993;23(3-4).
- Pirinc B, Fazliogullari Z, Guler I, Unver Dogan N, Uysal II, Karabulut AK. Classification and volumetric study of the sphenoid sinus on MDCT images. *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*. 2019;276(10): 2887-2894. DOI: 10.1007/s00405-019-05549-8.
- Dwairy AL, Mousaa S, Fataftah A, Tarifi J, Amjed A, Obai al-Ani S, et al. Morphometric analysis of the sella turcica and sphenoid sinus: a retrospective cross-sectional study. *International Journal of Morphology*. 2023; 41(3): 858-862.
- Kayalioglu G, Erturk M, Varol T. Variations in sphenoid sinus anatomy with special emphasis on pneumatization and endoscopic anatomic distances. *Neurosciences (Riyadh, Saudi Arabia)*. 2005;10(1): 79-84.
- Nagaraj T, Shruthi R, James L, Keerthi I, Balraj L, Goswami RD. The size and morphology of sella turcica: A lateral cephalometric study. *Journal of medicine, radiology, pathology and surgery*. 2015;1: 3-7.
- Konwar SK, Singha A, Bayan R. Morphological (Length, Depth, and Diameter) Study of Sella Turcica in Different Mandibular Growth Patterns in Indians. *International Journal of Dental and Medical Specialty*. 2016;3(3): 4-9.
- AL-Mohana RAAM, Muhammed FK, Li X, Lubamba GP. The bridging and normal dimensions of sella turcica in Yemeni individuals. *Oral Radiology*. 2022; 38: 162-170. DOI: 10.1007/s11282-021-00541-7.
- Hasan HA, Alam MK, Yusof A, Mizushima H, Kida A, Osuga N. Size and morphology of sella turcica in Malay populations: a 3D CT study. *Journal of Hard Tissue Biology*. 2016; 25: 313-320. DOI: 10.2485/jhtb.25.313
- GetData GraphDigitizer. Available from: <http://getdata-graph-digitizer.com> [Accessed June 01, 2025]
- Covell WP. Growth of the human prenatal hypophysis and the hypophyseal fossa. *American Journal of Anatomy*. 1927;38: 379-422.
- Axelsson S, Storhaug K, Kjaer I. Post-natal size and morphology of the sella turcica. Longitudinal cephalometric standards for Norwegians between 6 and 21 years of age. *European Journal of Orthodontics*. 2004;26(6): 597-604. DOI: 10.1093/ejo/26.6.597.
- Abebe G, Gebremickael A, Mergu P, Manna S, Chisha Y, Manna S, et al. Morphometric Analysis of the Sella Turcica and its Variation with Sex and Age among Computed Tomography Scanned Individuals in Soddo Christian Hospital, Ethiopia. *International Journal of Anatomy Radiology and Surgery*. 2021;10 (2): 48-51.
- Motwani MB, Biranjan R, Dhale A, Choudhary AB, Mohite A. A study to evaluate the shape and size of sella turcica and its correlation with the type of malocclusion on lateral cephalometric radiographs. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. 2017;16: 126-132.
- Muhammed FK, Abdullah AO, Liu Y. Morphology, Incidence of Bridging, Dimensions of Sella Turcica, and Cephalometric Standards in Three Different Racial Groups. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2019;30(7): 2076-2081. DOI: 10.1097/SCS.0000000000005964.
- Muhammed FK, Abdullah AO, Liu Y. A morphometric study of the sella turcica: race, age, and gender effect. *Folia morphologica*. 2020;79: 318-326.
- Issrani R, Alanazi SH, Alrashed FF, Alrasheed SS, Bader AK, Prabhu N, et al. Radiographic Analysis of Morphological Variations of Sella Turcica in Different Skeletal Patterns Among Saudi Subpopulations. *International Journal of General Medicine*. 2023;16: 2481-2491. DOI: 10.2147/IJGM.S413903.
- Usman Z, Zagga AD, Yunusa GH, Abubakar U, Bello A. Shapes and Sizes of Sella Turcica Using Computerized Tomography (CT) from Tertiary Hospital in Sokoto, Nigeria. *Asian Journal of Medicine and Health*. 2020;18(1): 8-15. Available from: <https://journalajmah.com/index.php/AJMAH/article/view/390> [Accessed June 01, 2025].
- Islam M, Alam MK, Yusof A, Kato I, Honda Y, Kubo K, et al. 3D CT Study of Morphological Shape and Size of Sella Turcica in Bangladeshi Population. *Journal of Hard Tissue Biology*. 2017;26: 1-6.
- Ibinaiyi PO, Olarinoye-Akorede S, Kajogbola O, Bakari AG. Magnetic Resonance Imaging Determination of Normal Pituitary Gland Dimensions in Zaria, Northwest Nigerian Population. *Journal of Clinical Imaging Science*. 2015;5: 29. DOI: 10.4103/2156-7514.157853.
- Önal V, Evren A, Chatzioglou GON, Tellioglu AM. Anatomical features of sella turcica with comprehensive literature review. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2023; 69(8). DOI: 10.1590/1806-9282.20230402.
- Jha A, Paudel N, Nepal S, Nayak R. Normal Pituitary Gland Size and Morphology and Its Variations Related to Age and Gender: An MRI Evaluation. *Journal of Nepalgunj Medical College*. 2020;18(1): 36-39. DOI: 10.3126/jngmc.v18i1.35175.
- Lamichhane TR, Pangen S, Paudel S, Lamichhane HP. Age and gender related variations of pituitary gland size of healthy Nepalese people using magnetic resonance imaging. *American Journal of Biomedical Engineering*. 2015;5(4): 130-35.
- Yadav P, Singhal S, Chauhan S, Harit S. MRI evaluation of size and shape of normal pituitary gland: Age and sex related

- changes. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;11(12) DOI: 10.7860/JCDR/2017/31034.10933.
33. Iskr T, Stachera B, Mozden' K, Murawska A, Ostrowski P, Bonczar M, et al. Morphology of the Sella Turcica: A Meta-Analysis Based on the Results of 18,364 Patients. *Brain Science*. 2023;13(8): 1208. DOI: 10.3390/brainsci13081208.
 34. Chen J, Pool C, Slonimsky E, King TS, Pradhan S, Wilson MN. Anatomical Parameters and Growth of the Pediatric Skull Base: Endonasal Access Implications. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*. 2022;84(4): 336-348. DOI: 10.1055/a-1862-0321.
 35. Silveira BT, Fernandes KS, Trivino T, Dos Santos LYF, de Freitas CF. Assessment of the relationship between size, shape and volume of the sella turcica in class II and III patients prior to orthognathic surgery. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020;42(5): 577-582. DOI: 10.1007/s00276-019-02406-5.
 36. BodyParts3D/Anatomography: Available from: <https://lifesciencedb.jp/bp3d/> [Accessed June 17, 2025].
 37. Lang J, Issing P. Über Messungen am Clivus, den Foramina an der Basis cranii externa und den oberen Halswirbeln [The measurements of the clivus, the foramina on the external base of the skull and the superior vertebrae]. *Annals of Anatomy*. 1989;169(1): 7-34.
 38. Pryor McIntosh L, Strait DS, Ledogar JA, Ross CF, Wang Q, Opperman LA, et al. Internal Bone Architecture in the Zygoma of Human and Pan. *The Anatomical Record*. 2016;299(12): 1704-1717. DOI: 10.1002/ar.23499.
 39. González-García R, Monje F. Is micro-computed tomography reliable to determine the microstructure of the maxillary alveolar bone? *Clinical Oral Implants Research*. 2013;24(7): 730-737. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2012.02478.x.
 40. Sari S, Sari E, Akgun V, Ozcan E, Ince S, Saldır M, et al. Measures of pituitary gland and stalk: from neonate to adolescence. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*. 2014;27(11-12): 1071-1076. DOI: 10.1515/jpem-2014-0054.
 41. Argyropoulou M, Perignon F, Brunelle F, Brauner R, Rappaport R. Height of normal pituitary gland as a function of age evaluated by magnetic resonance imaging in children. *Pediatric Radiology*. 1991;21(4): 247-249. DOI: 10.1007/BF02018614.
 42. Sahni D, Jit I, Harjeet, Neelam, Bhansali A. Weight and dimensions of the pituitary in northwestern Indians. *Pituitary*. 2006;9(1): 19-26. DOI: 10.1007/s11102-006-7503-5.
 43. Ju KS, Bae HG, Park HK, Chang JC, Choi SK, Sim KB. Morphometric study of the Korean adult pituitary glands and the diaphragma sellae. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2010;47(1): 42-47. DOI: 10.3340/jkns.2010.47.1.42.
 44. Bonczar M, Wysiadecki G, Ostrowski P, Michalczak M, Plutecki D, Wilk J, et al. The Morphology of the Pituitary Gland: A Meta-Analysis with Implications for Diagnostic Imaging. *Brain Science*. 2023;13(1): 89. DOI: 10.3390/brainsci13010089.
 45. Kosty J, Peterson R, Miriyala S, Banks T, Kandregula S, Dossani R, et al. An Anatomic Assessment of the Intercavernous Sinuses and Review of the Literature. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*. 2022;84(3): 266-271. DOI: 10.1055/a-1819-0144.
 46. Songtao Q, Yuntao L, Jun P, Chuanping H, Xiaofeng S. Membranous layers of the pituitary gland: histological anatomic study and related clinical issues. *Neurosurgery*. 2009;64(3). DOI: 10.1227/01.NEU.0000327688.76833.F7.
 47. Fujioka M, Young LW. The sphenoidal sinuses: radiographic patterns of normal development and abnormal findings in infants and children. *Radiology*. 1978;129(1): 133. DOI: 10.1148/129.1.133.
 48. Tan HK, Ong YK, Teo MS, Fook-Chong SM. The development of sphenoid sinus in Asian children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2003;67(12): 1295-1302. DOI: 10.1016/j.ijporl.2003.07.012.

Received: October 22, 2025

For correspondence: Pavel A. Sharagin – Master of Biology, Researcher of the R&D Laboratory of Digital and Computational Dosimetry Methods, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency (68A, Vorovsky Str., Chelyabinsk, 454141, Russia; E-mail: sharagin@urcrm.ru)
ORCID: 0000-0002-1457-4916

Evgenia I. Tolstykh – Doctor of Biological Sciences, Head of the R&D Laboratory of Digital and Computational Dosimetry Methods, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency, Chelyabinsk, Russia
ORCID: 0000-0002-4958-3214

Elena A. Shishkina – Doctor of Biological Sciences, Director at the Research Institute of Radiological Protection, Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics of the Federal Medical Biological Agency; Associate Professor of the Department of Radiobiology of Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia
ORCID: 0000-0003-4464-0889

For citation: Sharagin P.A., Tolstykh E.I., Shishkina E.A. The evaluation of morphometric characteristics of the pituitary gland and its adjacent tissues to elaborate a dosimetric model. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 83–93. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-83-93