

© *Д.Ю. Ходакова, В.М. Бросалов,
О.А.Калмина, Д.С. Иконников*

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ВЕТВЛЕНИЙ ДИПЛОИЧЕСКИХ КАНАЛОВ СВОДА ЧЕРЕПА

В ходе исследования был апробирован метод визуализации диплоических каналов. С этой целью было осуществлено построение 3D-изображений четырёх черепов (место хранения – кафедра «Анатомия человека» Медицинского института Пензенского государственного университета), полученных методом компьютерной томографии. Визуализация осуществлялась с помощью программного обеспечения RadiAnt, сделавшего возможным определить форму внутренних полостей в слое диплоэ, в том числе ход диплоических каналов. Исследование показало большую вариативность и индивидуальность ветвления диплоических каналов у каждого черепа. Кроме того, по ходу срезов КТ-изображений каналов вен заметна неоднородность их ветвления. Предложенный исследовательский метод особенно эффективен при определении положения анастомозов в лобном, височном и затылочном каналах. На всех КТ-снимках заметны притоки продольного диплоического канала, распространяющиеся в передние отделы теменной области. В целом, использование предложенного метода визуализации хода диплоических каналов представляется перспективным.

Ключевые слова: *диплоические каналы, варианты ветвления, изменчивость, компьютерная томография, методы исследования, визуализация, программное обеспечение RadiAnt*

Ходакова Дарья Юрьевна – студент лечебного факультета Медицинского института Пензенского государственного университета (Пенза, Красная ул., 40(1)). Эл.почта: daria_orfa@mail.ru.
Hodakova, Darya Y. – Department of human Anatomy at the Medical Institute, Penza state University (Penza, Krasnaya ul.,40(1)). E-mail: daria_orfa@mail.ru

Бросалов Владимир Михайлович – ассистент кафедры «Физиология человека» Медицинского института Пензенского государственного университета, аспирант. (Пенза, Красная ул., 40(1)). Эл. почта: vbrosalov@mail.ru.
Broselow, Vladimir M. – Department of human Anatomy at the Medical Institute, Penza state University (Penza, Krasnaya ul.,40(1)). E-mail: vbrosalov@mail.ru

Калмина Ольга Анатольевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Анатомии человека» Медицинского института Пензенского государственного университета. (Пенза, Красная ул., 40(1)). Эл. почта: okalmina@gmail.com.
Kalmina, Olga A – Department of human Anatomy at the Medical Institute, Penza state University (Penza, Krasnaya ul.,40(1)). E-mail: okalmina@gmail.com

Иконников Дмитрий Сергеевич – к.и.н., заведующий антропологической лабораторией кафедры «Анатомия человека» Медицинского института Пензенского государственного университета, (Пенза, Красная ул., 40(1)). Эл. почта: ikonnikof-ds@mail.ru.
Ikonnikof, Dmitriy S. – Department of human Anatomy at the Medical Institute, Penza state University (Penza, Krasnaya ul.,40(1)). E-mail: ikonnikof-ds@mail.ru

Одной из главнейших задач, стоящих перед физической антропологией, является поиск новых вариативных признаков, имеющих наследственную природу. Появление новых технологий открывает широкие перспективы для этого. Для исследования становятся доступны признаки, которые были скрыты от нас. К таким признакам можно отнести варианты ветвления кровеносных сосудов, скрытых в толще кости. Природа многообразия этих вариантов до настоящего времени исследована не до конца.

На данном этапе исследование вариантов ветвления кровеносных сосудов сталкивается с проблемой их визуализации. Для современной компьютерной томографии доступно обнаружение полостей, находящихся внутри кости. Но само наличие полостей ещё не говорит о существовании канала кровеносного сосуда и не позволяет визуализировать его ход. Решение этой проблемы требует большой работы по поиску и разработке программ для компьютерного моделирования, наиболее соответствующих исследовательским целям и задачам.

В ходе исследования экспериментальным методом были изучены варианты ветвления диплоических каналов, которые уже давно привлекают внимание исследователей. Диплоические каналы берут начало в губчатом веществе костей мозгового отдела черепа (диплоэ) и представляют собой бесклапанные, тонкостенные и сравнительно широкие кровеносные сосуды, которые соединяются между собой и направляются преимущественно в сторону основания черепа. Часть диплоических каналов, пройдя через отверстия во внутренней пластинке костей черепа, впадает в синусы твердой мозговой оболочки, а другие через эмиссарные вены соединяются с венами наружного покрова головы. Таким образом, диплоические каналы, вены наружного покрова головы и синусы твердой мозговой оболочки соединяются между собой.

Различают наиболее крупные **лобные диплоические вены**, залегающие в толще чешуи лобной кости (несут венозную кровь в верхний сагиттальный синус и в надглазничную вену), **передние височные диплоические вены** (впадают в клиновидно-теменной синус и глубокую височную вену), **задние височные диплоические вены** (собирают венозную кровь из теменной и височной костей, впадают в поперечный синус и в заднюю ушную вену) и **затылочная диплоическая вена** (впадает в поперечный синус или, через затылочную эмиссарную вену, в затылочную вену).

Впервые на вариативность хода диплоических каналов и сосудов млекопитающих в середине 60-х годов XX века обратил внимание L. Corpini. В настоящее время наиболее полная классификация диплоических каналов человека принадлежит А.И. Зайченко. В этой классификации учтены их локализация, направление и размеры занимаемой территории, длина и диаметр, количество корней и уровень их слияния, форма и характер стенок, распределение и способ анастомозирования, положение истоков и функциональные признаки в связи с формой черепа и структурой костей (Зайченко 1971). В дальнейшем А.А. Зайченко, на основе исследования млекопитающих животных, было доказано, что преимущественные связи диплоических каналов с поперечным синусом обеспечиваются существованием выраженных продольных анастомозов в лобно-теменно-затылочной области (Зайченко 2015).

Целью исследования является апробация метода, позволяющего на основе данных компьютерной томографии определить ход и ветвление диплоических каналов посредством визуализации в 3D проекции с использованием программного пакета RadiAnt. Клинически разработка данной методики будет полезна при рассмотрении многих патологических процессов, которые захватывают кровеносные сосуды черепа на археологи-

ческом материале с целью подтверждения или отрицания визуального диагноза. С точки зрения физической антропологии, любое исследование строения различных полостей (в том числе каналов, по которым проходят кровеносные сосуды), располагающихся внутри кости путём 3D-моделирования, научно перспективно, так как позволяет усовершенствовать методику исследования палеоантропологических материалов. Зачастую единственным способом исследовать особенности того или иного образования является разрушение кости (*Абрамова, Пежемский 2018*), что крайне нежелательно.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили трёхмерные модели четырёх черепов, хранящихся в фондах антропологической лаборатории кафедры «Анатомия человека» Медицинского института Пензенского государственного университета. 3D модели были построены на основе данных компьютерной томографии. Все черепа имеют следы патологических изменений, так как первоначально использование компьютерного томографа осуществлялось с целью их диагностики.

Краткая описательная характеристика исследуемых черепов:

Череп инв. № СпП-1 / № 16 принадлежал женщине в возрасте 25-35 лет. У черепа отсутствует нижняя челюсть, частично разрушен лицевой скелет. В области глабеллы прослеживается звездчатообразный след зажившего повреждения. В области левого теменного бугра наблюдаются участки полосовидного западения наружной компакты. В районе правого теменного бугра наблюдаются следы неглубоких западений наружной компакты. Предположительно, описанные изменения могут быть связаны с перенесённым сифилисом. В районе надсосцевидного гребня наблюдается дефект наружной компакты с проникновением в сосцевидные ячейки. Возможно, следы гнойного мастоидита (*Калмина и др. 2018*).

Череп инв. № СпП-1 / № 27 принадлежал мужчине в возрасте 25-45 лет. У черепа разрушен лицевой скелет, нет нижней челюсти. В области глабеллы сохранились следы неполной оссификации метопического шва. На черепе наблюдаются следы патологических изменений, вероятнее всего, являющиеся результатом сифилиса: поверхность лобной кости неровная, сглажено-бугристая, в пределах надбровных дуг и глабеллы – со звёздчатыми западениями наружного компактного слоя и сглаженными краями костных дефектов, заживших при жизни. Выраженный сосудистый рисунок сетевидного переплетения нитевидных борозд прослеживается с обеих сторон в области ямок слёзной железы (*Калмина и др. 2018*).

Череп инв. № СпП-1 / № 28 принадлежал женщине. Определение возраста затруднено. Череп имеет сравнительно хорошую сохранность. Отсутствует нижняя челюсть. Умеренное выступание теменных костей в парасагитальном направлении придают черепу ягодицеобразную форму. На черепе наблюдаются множественные поверхностные повреждения в виде локальных разрушений наружного компактного слоя. Предположительно, следы патологических изменений были связаны с сифилисом (*Калмина и др. 2018*).

Череп инв. № СпП-1 / № 38 принадлежал женщине в возрасте 20-30 лет. У черепа сохранились лицевой скелет, лобная кость и передняя часть свода и основания. На носовых костях наблюдается участок западения кости глубиной 2 мм. Внутренняя поверхность лобной кости – с участком западения со сглаженными очертаниями,

расположенным в парасагиттальной зоне и со следами возможного лобного гиперостоза. Обнаруженные патологические изменения характерны для проявления сифилитического процесса (Калмина и др. 2018).

Исследование черепов методом компьютерной томографии проходило на базе городской клинической больницы № 6 им. Г.А. Захарьина (г. Пенза). Под действием рентгеновских лучей кольцеобразного контура томографа была получена серия рентгеновских изображений под разными углами. При помощи компьютерных программ осуществлено трехмерное моделирование изображения черепа (Лабзин, Шакало 2012, Марусина, Казначеева 2006).

Полученные КТ-снимки визуализировались в формате 3D с помощью пакета программ RadiAnt DICOM Viewer 4.6.9. Наилучшая визуализация воздухоносных путей и каналов черепа проявляется в режиме airways (дыхательные пути). Выбор программного обеспечения был связан с относительной простотой его использования. Программа подходит для визуализации внутричерепных каналов и синусов, также других анатомических образований, как у живых людей, так и у черепов, полностью очистившихся от мягких тканей (Козлов, Усович 2016). Визуализация КТ-снимков осуществлялась на базе Медицинского института Пензенского государственного университета. Метод компьютерной томографии имеет свои недостатки. В частности, возможность рассмотреть диплоические каналы ограничивается конфигурацией томографа и выбранным программным обеспечением. Кроме того, сложно получить срез толщиной менее 1 мм. Но, в настоящее время, этот метод наиболее адекватен нашим исследовательским задачам.

Результаты и обсуждение

Проследить полный ход ветвления диплоических каналов, визуализированных с помощью программного обеспечения RadiAnt, не всегда легко, так как послойные срезы КТ-снимков не позволяют полностью визуализировать сосудистый рисунок, что связано с тем, что вены тянутся в различных проекциях, теряясь в структуре диплоического канала.

При визуализации КТ-снимков хорошо видны сосудистые анастомозы, которые соединяют разные области мозговой поверхности черепа. Наиболее заметны диплоические каналы анастомозов между задней теменной и передней теменной веной. На большинстве снимков удалось проследить ход лобного и затылочного диплоических каналов.

Губчатое вещество костей свода черепа инв. № СпП-1 / № 38, согласно КТ-визуализации, достаточно бедно диплоическими каналами. Наиболее крупные скопления каналов наблюдаются в затылочной зоне свода черепа (рис. 1). Визуализация проходящих в губчатом веществе вен височной области затруднена частичным разрушением костей свода черепа.

На визуализированных снимках черепа инв. № СпП-1 / № 16 (рис. 2) хорошо прослеживаются диплоические каналы, однако, нельзя с уверенностью сказать, что данные ходы образовались путем залегания вен в губчатом веществе. Возможно, формирование полостей внутри кости спровоцировано патологическим процессом. На срезе (рис. 2 А) прослеживаются затылочные диплоические каналы, сеть которых хорошо развита. Кроме того, заметны анастомозы венозной сети в височной и лобно-теменной области (рис. 2 Б).

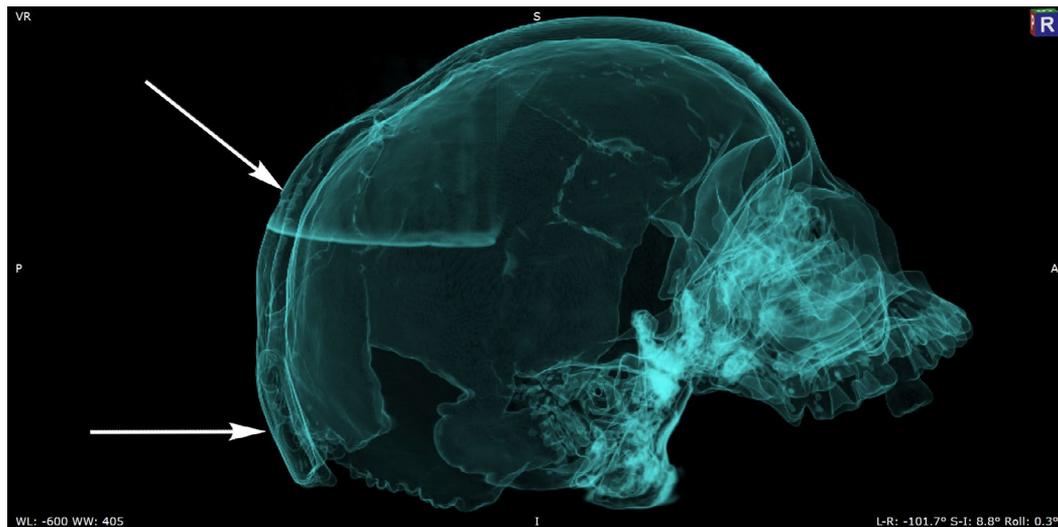


Рис. 1. Череп инв. № СпII-1 / № 38

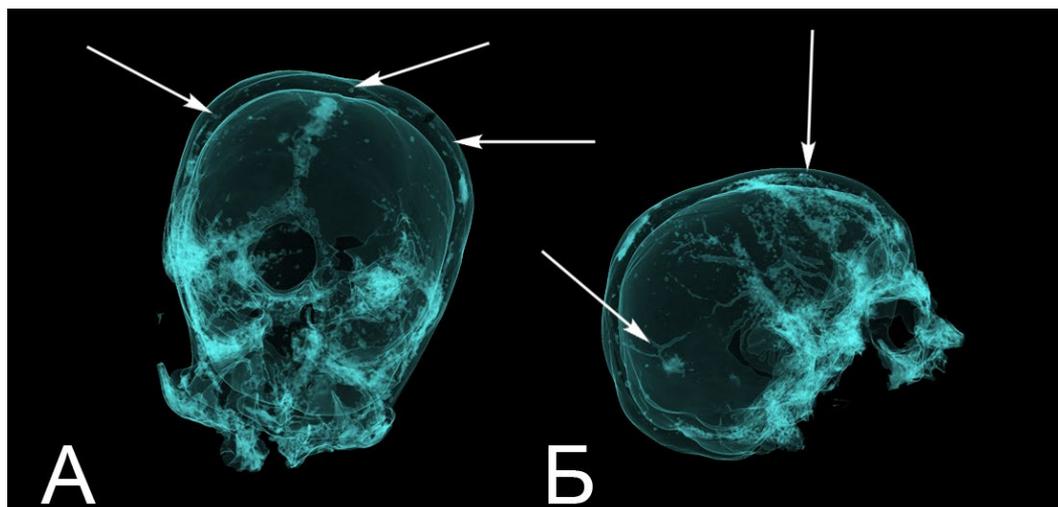


Рис. 2. Череп инв. № СпII-1 / № 16

Визуализация снимков черепа инв. № СпII-1 / № 27 показала наибольшее скопление диплоических каналов в височно-теменной и затылочной областях (рис. 3). Послойное снятие срезов улучшает визуализацию не только диплоических каналов, но и синусов, залегающих на внутренней стороне мозгового отдела черепа. Таким образом, в поле зрения оказываются и другие структуры, схожие со структурой диплоического канала.

В губчатом веществе костей свода черепа инв. № СпII-1 / № 28 прослеживаются диплоические каналы (рис. 4). У данного черепа наибольшее скопление диплоических каналов находится преимущественно в лобной области. Примечательно, что в затылочной области черепа диплоические каналы не прослеживаются в то время, как у других индивидуумов наибольшее развитие каналов отмечалось именно в теменно-височной области.

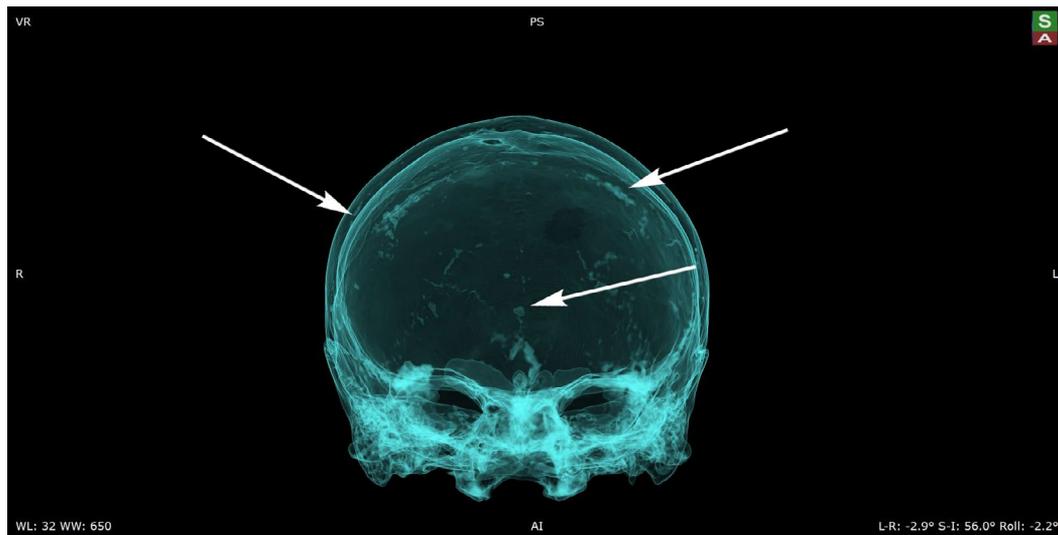


Рис. 3. Череп инв. № СпII-1 / № 27

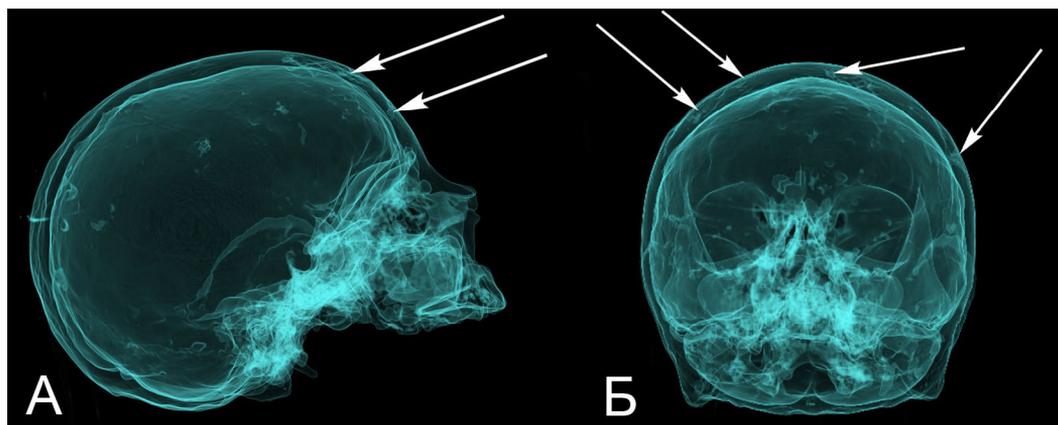


Рис. 4. Череп инв. № СпII-1 / № 28

Визуализация КТ-снимков и их послойное изучение позволили удостовериться в анатомической вариации ветвления центральных диплоических каналов и их анастомозов. На основании результатов исследования можно предположить, что неоднородность ветвления каналов диплоэ в основном зависит от формирования костей черепа в процессе онтогенеза.

Заключение

Ранее предпринимались попытки исследовать каналы мозгового отдела черепа путем инвазивного вмешательства, которое разрушало кость (Коновалёнок, Бойцов 2017, Абрамова, Пежемский 2018). Мы ставили перед собой задачу найти способ исследования, который позволил бы избежать этого. Таким способом может стать визуализация КТ-снимков при помощи специальной компьютерной программы. Использование данной методики позволяет сохранить антропологические материалы. В ходе исследования были оценены достоинства и недостатки программного обеспечения RadiAnt.

Данная программа позволяет выявить положение наиболее крупных сосудистых анастомозов, но детализация сосудистого рисунка в диплоз затруднена. Но, не смотря на этот недостаток, можно сделать определённые морфологические наблюдения.

Использование компьютерной томографии открывает широкие перспективы перед физической антропологией, так как даёт возможность изучать морфологические признаки, которые раньше были труднодоступны для исследования. Так как программное обеспечение RadiAnt позволяет зафиксировать ряд особенностей ветвления диплоических каналов, и уже существует классификация вариантов данного признака, то уже сейчас может быть осуществлена работа по изучению географического распределения этих вариантов. Это направление представляет большой научный интерес с точки зрения изучения корреляции вариантов ветвления диплоических каналов с другими анатомическими признаками.

Научная литература

- Абрамова А.Н., Пежемский Д.В.* Особенности индивидуальной изменчивости foramen mastoideum (в связи с методикой фиксации дискретно-варьирующего признака) // *Piles of bones: палеоантропология, биоархеология, палеогенетика: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию И.И. Гохмана*, СПб, 2018. С. 22 – 31.
- Зайченко А.И.* Каналы диплоических вен и классификационные критерии их изучения // *Материалы научной конференции, посвященной столетию со дня рождения В.Н. Тонкова*, Л.: Изд-во ВМА, 1971. С. 150.
- Зайченко А.А.* Сравнительное топографическое исследование каналов боковой линии и диплоических каналов // *Научная интернет-конференция «Современные аспекты макро- и микроморфологии»*, 2015. Т. 5. № 7. С. 1026 – 1029.
- Калмина О.А., Калмин О.В., Иконников Д.С.* Следы патологических изменений на черепах населения Пензы XVII–XVIII вв. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*, 2018. № 2 (46). С. 60–71.
- Козлов Е.В., Усович А.К.* Размерные характеристики зрительных нервов, перекреста и трактов человека при МРТ-визуализации // *Материалы XVI-й международной конференции студентов и молодых ученых I Форума молодежных научных обществ*, Витебск, 2016. С. 62–63.
- Коновалёнок Н.А., Бойцов Л.Н.* Анатомия диплоических вен человека: Особенности строения, перспективы исследования // *Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: Сборник статей по материалам XXIX Международной студенческой научно-практической конференции*, Новосибирск, 2017. № 18(29). С. 20 – 22
- Лабзин В.И., Шакало Ю.А.* Лучевая анатомия. Учебно-методическое пособие, Благовещенск, 2012.
- Марусина М.Я., Казначеева А.О.* Современные виды томографии. Учебное пособие, СПб: СПбГУ ИТМО, 2006.

References

- Abramova, A.N., D.V. Pezhemskiy. 2018. Osobennosti individual'noy izmenchivosti foramen mastoideum (v svyazi s metodikoy fiksatsii diskretno-var'iruyushchego priznaka) [Features of individual variability of foramen mastoideum (in connection with the method of fixing a discrete-varying trait)]. In *Piles of bones: paleoantropologiya, bioarkheologiya, paleogenetika: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 90-letiyu I.I. Gokhmana*. St. Peterburg: 22–31.
- Kalmina, O.A., O.V. Kalmin, D.S. Ikonnikov. 2018. Sledy patologicheskikh izmeneniy na cherepakh naseleniya Penzy XVII–XVIII vv. [Traces of pathological changes on the turtles of the pop-

- ulation of Penza XVII–XVIII centuries]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskiye nauki*. 2 (46): 60–71.
- Kozlov, Ye.V., A.K. Usovich. 2016. Razmernyye kharakteristiki zritel'nykh nervov, perekresta i traktov cheloveka pri MRT-vizualizatsii [Dimensional characteristics of the optic nerves, the intersection of human I Tracks with MRI imaging]. In *Materialy XVI-y mezhdunarodnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh i I Foruma molodezhnykh nauchnykh obshchestv*, Vitebsk: 62-63.
- Konovalonok, N.A., L.N. Boytsov. 2017. AnATOMiya diploicheskikh ven cheloveka: Osobennosti stroeniya, perspektivy issledovaniya [Anatomy of the Diplomatic Human Veins: Features of the Structure, Perspectives of Research]. In *Nauchnoye soobshchestvo studentov: Mezhdistsiplinarnyye issledovaniya: Sbornik statey po materialam XXIX Mezhdunarodnoy studentcheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 18(29):20-22.
- Labzin, V.I., Yu.A. Shakalo. 2012. *Luchevaya anatomiya. Uchebno-metodicheskoy eposobiye* [Radiation anatomy. Teaching manual]. Blagoveshchensk.
- Marusina, M.Ya., A.O. Kaznacheeva. 2006. *Sovremennyye vidy tomografii. Uchebnoye posobiye* [Modern types of tomography. Tutorial]. SPb: SPbGU ITMO.
- Zaychenko, A.I. 1971. Kanaly diploicheskikh ven i klassifikatsionnyye kriterii ikh izucheniya [Channels of diploe veins and classification criteria for studying them]. In *Materialy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy stoletiyu so dnya rozhdeniya V.N. Tonkova*, 150. Leningrad: Izdatel'stvo VMA.
- Zaychenko, A.A. 2015. Sravnitel'noye topograficheskoye issledovaniye kanalov bokovoy linii i diploicheskikh kanalov [Comparative topographic study of the lateral line canals and diploic channels]. In *Nauchnaya internet-konferentsiya «Sovremennyye aspekty makro- i mikromorfologii»*. 5(7):1026-1029.

Hodakova, Darya Y., Broselow, Vladimir M., Kalmina, Olga A., and Ikonnikov, Dmitriy S.

Pilot Research on Anatomical Variants of Branches of Diploic Channels of the Cranial Vault

The research tested a method of visualization of diploic channels. The 3D meshes were built based on the CT scans of four skulls. The materials used in this study are stored at the Department of Human Anatomy of the Medical Institute of the Penza State University. The RadiAnt software was used for visualization, which allowed to reconstruct the shape of internal cavities in the diploe layer, including the pattern of the diploic channels. The research revealed the great variability of branching of the diploic channels in every skull. In addition, branching of the diploic channels is found to be very heterogeneous as seen along the CT slices. The proposed research method proved effective to determine the position of anastomoses in the frontal, temporal and occipital channels. Branches of the longitudinal emissaries extending to the anterior sections of the parietal region channel are visible on all CT images. In general, the use of the proposed method of visualization of diploic channels is thought to be prospective.

Key words: *diploic channels, variants of the ramification, variability, computed tomography, research methods, visualization, RadiAnt software*