

УДК 615.828+616-18:611.714  
<https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-4-29-38>

© В. А. Осипов, А. Н. Пастухов,  
О. И. Курбатов, Ю. П. Потехина, 2021

## Гистологическое исследование синхондрозов черепа, функционально значимых в краниальной остеопатической концепции

В. А. Осипов<sup>1</sup>, А. Н. Пастухов<sup>2</sup>, О. И. Курбатов<sup>3,4</sup>, Ю. П. Потехина<sup>3,5,\*</sup>

<sup>1</sup> Госпиталь ветеранов войн № 2

109472, Москва, Волгоградский просп., д. 168

<sup>2</sup> «Центральная поликлиника»

107031, Москва, Варсонофьевский пер., д. 5

<sup>3</sup> Институт остеопатии

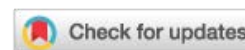
191024, Санкт-Петербург, ул. Дегтярная, д. 1, лит. А

<sup>4</sup> Научно-практический центр детской психоневрологии

119602, Москва, Мичуринский просп., д. 74

<sup>5</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет

603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1



**Введение.** Согласно краниальной концепции Сатерленда, клиновидно-затылочный синхондроз сохраняет свою подвижность всю жизнь. Классическая анатомия однозначно характеризует этот синхондроз как временный. С возрастом в нём происходит замещение хрящевой ткани на костную. При этом каменисто-яремный и клиновидно-каменистый синхондрозы сохраняют в составе шва хрящевой компонент. Нормальная деятельность головного мозга человека обеспечивается в том числе и за счет биомеханических свойств черепа, во многом зависящих от морфологического состояния синхондрозов.

**Цель исследования** — изучение гистологического строения функционально значимых синхондрозов черепа у лиц среднего и пожилого возраста, поиск в их структуре возможных точек приложения остеопатического воздействия.

**Материалы и методы.** Исследование выполнено на трупном материале 27 лиц — 7 (26 %) мужчин, 20 (74 %) женщин, умерших в возрасте 49–66 лет ( $57,5 \pm 5,3$  года) от различной соматической патологии, но не имевших в анамнезе черепно-мозговых травм с нарушением целостности костных структур. Небольшие фрагменты кости с синхондрозами — клиновидно-затылочным, каменисто-яремным, клиновидно-каменистым — были подвергнуты процедуре стандартной гистологической обработки с последующей микроскопией.

**Результаты.** При оценке гистологических препаратов клиновидно-затылочного синхондроза наблюдали однотипную картину: высоко минерализованные ткани краев тел клиновидной и затылочной костей были со-

---

**\* Для корреспонденции:**

**Юлия Павловна Потехина**

Адрес: 603005 Нижний Новгород,  
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1,  
Приволжский исследовательский  
медицинский университет  
E-mail: newtmed@gmail.com

---

**\* For correspondence:**

**Yulia P. Potekhina**

Address: Privolzhsky Research Medical University,  
bld. 10/1 sq. Minin and Pozharsky, Nizhny Novgorod,  
Russia 603005  
E-mail: newtmed@gmail.com

**Для цитирования:** Осипов В. А., Пастухов А. Н., Курбатов О. И., Потехина Ю. П. Гистологическое исследование синхондрозов черепа, функционально значимых в краниальной остеопатической концепции. Российский остеопатический журнал. 2021; 4: 29–38. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-4-29-38>

**For citation:** Osipov V.A., Pastukhov A.N., Kurbatov O.I., Potekhina Yu.P. Histological examination of cranial synchondroses as functionally significant elements in the cranial osteopathic concept. Russian Osteopathic Journal. 2021; 4: 29–38. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-4-29-38>

единены без включений элементов хрящевой или соединительной ткани. Во всех случаях при иммуногистохимических реакциях *in situ* волокнистых и элементов нервной ткани не выявлено. Реакции с антителом CD34 маркируют множественные сосуды прободающих (фолькмановских) каналов или каналов остеона (гаверсовых). При оценке гистологических препаратов каменисто-ярёмного и клиновидно-каменистого синхондрозов обнаружена хрящевая ткань, представленная в виде небольших островков размером 20–120 мкм с признаками дегенерации и небольшим количеством сохранившихся хондроцитов. При оценке препаратов с проведенными иммуногистохимическими реакциями с антителами против белка S100 элементы нервной ткани не выявлены.

**Заключение.** Клиновидно-затылочный синхондроз характеризует себя как временный. С возрастом в нём происходит замещение хрящевой ткани на костную. По гистологическому строению клиновидно-затылочный синхондроз демонстрирует полное отсутствие хрящевого компонента у лиц среднего и пожилого возраста. Каменисто-ярёмный и клиновидно-каменистый синхондрозы сохраняют хрящевой компонент в течение всей жизни. Во всех синхондрозах отмечается отсутствие сосудистого и нервного компонентов. При этом выявлено наличие выраженного сосудистого русла в самой костной ткани, что требует подчеркнуть значимость жидкостной потенции и эластического компонента в хрящевых и костных тканях как точек приложения остеопатических техник.

**Ключевые слова:** синхондрозы черепа, средний и пожилой возраст, гистологическое исследование, иммуногистохимическое исследование, костная ткань, хрящевая ткань

**Источник финансирования.** Исследование не финансировалось каким-либо источником.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Статья поступила: 16.08.2021

Статья принята в печать: 29.10.2021

Статья опубликована: 30.12.2021

UDC 615.828+616-18:611.714  
<https://doi.org/10.32885/2220-0975-2021-4-29-38>

© Valentin A. Osipov, Artem N. Pastukhov,  
Oleg I. Kurbatov, Yulia P. Potekhina, 2021

## Histological examination of cranial synchondroses as functionally significant elements in the cranial osteopathic concept

Valentin A. Osipov<sup>1</sup>, Artem N. Pastukhov<sup>2</sup>, Oleg I. Kurbatov<sup>3,4</sup>, Yulia P. Potekhina<sup>3,5,\*</sup>

<sup>1</sup> War Veterans Hospital № 2  
bld. 168 Volgogradsky prosp., Moscow, Russia 109472

<sup>2</sup> «Central Polyclinic»  
bld. 5 Varsonofyevsky lane, Moscow, Russia 107031

<sup>3</sup> Institute of Osteopathy  
bld. 1A ul. Degtyarnaya, Saint-Petersburg, Russia 191024

<sup>4</sup> Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology  
bld. 74 Michurinsky prosp., Moscow, Russia 119602

<sup>5</sup> Privolzhsky Research Medical University  
bld. 10/1 sq. Minin and Pozharsky, Nizhny Novgorod, Russia 603005

**Introduction.** In recent decades, medical science has accumulated convincing evidence of the fact that the normal activity of a human brain depends on the functional integration of its vascular system, a circulation system of cerebrospinal fluid and biomechanical features of a skull, forming a single structural and functional system.

**The aim** of the study is to research the histological structure of functionally significant cranial synchondroses in the middle and elderly age group, to find possible points of osteopathic influence application in their structure.

**Materials and methods.** The study was performed on cadaver material of 27 persons (7 men — 26%, 20 women — 74 %) who died at the age from 49 to 66 years ( $57,5 \pm 5,3$  years) from various somatic pathologies, but had no history of craniocerebral injuries with fractures of osseous structures. Small bone fragments with sutures of interest/synchondroses (spheno-occipital synchondrosis, petro-jugular synchondrosis, sphenopetrosal synchondrosis) were subjected to standard histological processing followed by microscopy.

**Results.** Evaluating histological specimens of spheno-occipital synchondrosis, we observed the similar pattern: highly mineralized tissues at the edges of the bodies of the sphenoid and occipital bones were connected without elements of cartilaginous or connective tissue. In all cases, no fibrous or nerve tissue elements were found during the *in situ* immunohistochemical reactions. Reactions with the CD34 antibody mark multiple vessels of the Volkmann's or Haversian canals. Evaluating histological specimens of petro-jugular and sphenopetrosal synchondroses, we found the presence of cartilage tissue in the suture in the form of small islands of various sizes (from 20 to 120 microns) with signs of degeneration and a small number of remained chondrocytes. When evaluating specimens with immunohistochemical reactions with antibodies against the S100 protein, no elements of the nervous tissue were detected.

**Conclusion.** Spheno-occipital synchondrosis has a temporary nature. With age, its cartilaginous tissue is replaced by osseous one. According to the histological structure, sphenobasilar synchondrosis demonstrates the complete absence of a cartilaginous component in the middle and elderly age groups. Petro-jugular and sphenopetrosal synchondroses retain the cartilaginous component in their suture throughout lifetime. During histological examination of the petro-jugular and sphenopetrosal synchondroses, the cartilaginous component is represented by variety of small islands. In all synchondroses, there is an absence of vascular and nervous components. At the same time, we revealed the presence of a prominent vascular bed in the bone tissue. The fact requires emphasizing the importance of liquid potency and elastic component in cartilaginous and osseous tissues as an application point for osteopathic techniques.

**Key words:** cranial synchondroses, middle and old age, histological examination, immunohistochemical examination, bone tissue, cartilage tissue

**Funding.** The study was not funded by any source.

**Conflict of interest.** The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

*The article was received 16.08.2021*

*The article was accepted for publication 29.10.2021*

*The article was published 30.12.2021*

## Введение

В последние десятилетия накоплены убедительные данные о том, что обеспечение нормальной деятельности головного мозга человека осуществляется путем функциональной интеграции его сосудистой системы, системы циркуляции спинномозговой жидкости и биомеханических свойств черепа, образующих единую структурно-функциональную систему [1].

Организм человека представляет собой полиритмичную систему. Отдельные ритмы, реализующиеся на уровне краниосакральной системы, обеспечивают функционирование как данной системы, так и всего тела. Конечным и наиболее ощутимым ритмом, реализующимся как движение между различными частями структуры, является краниальный ритмический импульс. Движение костей черепа является частью этого ритма и реализуется на уровне сочленений. Кости черепа соединяются друг с другом при помощи большого количества суставов различной формы, которые обеспечивают различные виды движения [2]. Эти спе-

специализированные суставы в черепе называются швами, синдесмозами и синхондрозами. Именно исследуя строение этих соединений, Сатерленд впервые предположил, что они предназначены для движения. Г. Мэгун говорил: «Для чего же еще нужны суставные поверхности, как не для движения? Действительно, единственным фактором, физиологически способным к поддержанию таких суставных поверхностей в течение жизни, является движение». Но эти движения не идентичны движениям в других суставах тела. Они являются «сочетанием некоторой податливости или уступчивости в суставе с гибкостью живой и эластичной кости» (Мэгун, 1966). От свободы и подвижности швов и синхондрозов черепа зависит нормальная работа краниосакральной системы [3, 4].

Швы и синхондрозы — это два разных типа суставов, волокнистые и хрящевые соответственно [5]. Когда эти сочленения не окостеневшие, они способствуют росту черепа в онтогенезе (Herring, 2000). Они могут закрыться за счет сращения фронтов шовной кости в швах или за счет замещения хряща эндохондральной костью в синхондрозах.

Синхондрозы состоят из разных клеточных зон: когда-то центральной зоны покоя и зеркальных зон пролиферации, кальцификации и оксификации. Из-за такой организации «спина-к-спине» рост синхондроза двунаправлен (рис. 1). Зоны покоя и пролиферации неминерализованы (образованы гиалиновым хрящом), а зоны кальцификации/гипертрофированного хряща и окостенения минерализованы. Эндохондральная кость находится на двух границах синхондрозов [6, 7].

Согласно краниальной концепции Сатерленда, сочленение между клиновидной и затылочной костью, то есть клиновидно-затылочный синхондроз (*synchondrosis sphenobasilaris*), сохраняет свою подвижность всю жизнь. При этом классическая анатомия однозначно характеризует клиновидно-затылочный синхондроз как временный. С возрастом в нём происходит замещение хрящевой ткани на костную. При этом каменисто-яремный (*synchondrosis petrojugularis*) и клиновидно-каменистый (*synchondrosis sphenopetrosa*) синхондрозы сохраняют в составе шва хрящевой компонент.

В ходе анализа литературы по строению и структуре клиновидно-затылочного сочленения выяснилось, что подавляющее большинство авторов [6–15] идентифицируют сфенобазиллярное сочленение как синостоз. Окостенение клиновидно-затылочного синхондроза начинается либо из одного центра оксификации, расположенного по средней линии синхондроза, либо из двух центров

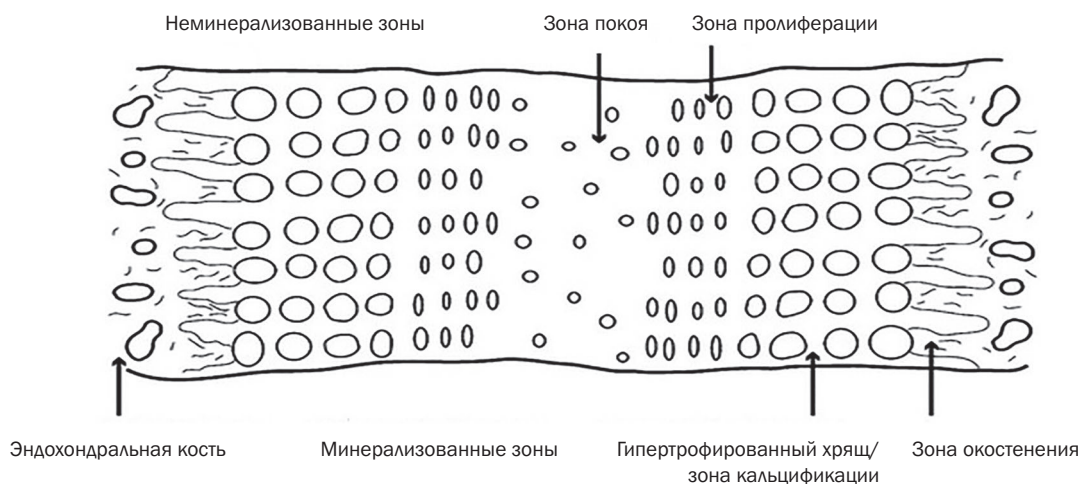


Рис. 1. Схематическое изображение синхондроза у млекопитающих [6]

Fig. 1. Schematic representation of mammalian synchondrosis [6]

окостенения — по обе стороны от средней линии. Это определяется на компьютерной томографии в среднем возрасте 8–13 лет [8]. Закрывание синхондроза происходит в направлении от внутренней поверхности черепа к наружной [9].

Возраст трансформации клиновидно-затылочного сочленения:

- 11–16 лет (Powell T. V., Brodie A. G.);
- 12–17 лет (Melsen B.);
- 13,9–16 лет (Ingervall B., Thilander B.);
- 16–18 лет (Mann S. S., Naidich T. P., Towbin R. B.; El-Sheikh M. E., Ramadan S.);
- 17 лет (Bassed R. B., Briggs C., Drummer O. H.);
- 17–25 лет (Ford);
- 17–19 лет (Sahni D., Jit I., Neelam, Suri S.);
- 18 лет (Irwin G. L.);
- 18–23 года (Krogman W. M., Iscan Y. M.);
- 25 лет (Shirley N. R., Jantz R. L., Williams P. L.).

Таким образом, строение синхондрозов черепа в среднем и пожилом возрасте прицельно не рассмотрено.

**Цель исследования** — изучение гистологического строения функционально значимых синхондрозов черепа у лиц среднего и пожилого возраста, поиск в их структуре возможных точек приложения остеопатического воздействия.

## Материалы и методы

Исследование выполнено на трупном материале 27 лиц — 7 (26 %) мужчин и 20 (74 %) женщин, умерших в возрасте 49–66 лет ( $57,5 \pm 5,3$  года) от различной соматической патологии, но не имевших в анамнезе черепно-мозговых травм с нарушением целостности костных структур. Небольшие фрагменты кости с синхондрозами — клиновидно-затылочным, каменисто-яремным, клиновидно-каменистым — были извлечены из основания черепа с ранее удаленным головным мозгом и стволом, частично отсепарированной твердой мозговой оболочкой, с помощью корончатого сверла диаметром 17 мм и аккумуляторной дрели.

Отобранные фрагменты, первично представлявшие собой костные цилиндры диаметром 15 мм, высотой 5–8 мм, дополнительно рассекались на пластины толщиной 2–3 мм, с ориентацией плоскостей среза перпендикулярно костному шву. Фрагменты немедленно подвергали процедуре фиксации в растворе 10 % нейтрального формалина («Биовитрум», Россия) в течение 72 ч при комнатной температуре. После фиксации материал промывали и подвергали процедуре удаления солей кальция. Обработка фрагментов длилась 6–8 ч в декальцинирующем растворе СофтиДек («Биовитрум», Россия).

Дальнейшую обработку тканей проводили с помощью гистологического процессора замкнутого типа «Tissue-Tek VI 6» («Sakura», Япония), обезвоженные фрагменты ткани подвергали химическому уплотнению путем инфильтрации и заливки в парафин. Для этого была использована готовая гистологическая среда для заливки Histomix («Биовитрум», Россия).

Окончательные гистологические блоки формировали с помощью модульной системы заливки парафином «Tissue-tek 5» («Sakura», Япония) с использованием гистологических форм и стандартных полимерных кассет-оснований.

Срезы с блоков толщиной 3–4 мкм изготавливали на полуавтоматическом роторном микротоме «Leica RM 2245» («Leica», EC). Парафиновые срезы исследуемых тканей окрашивали гематоксилином и эозином (универсальная обзорная окраска) готовыми гистологическими красителями производства компании «Биовитрум» (Россия). Процесс окраски осуществляли с использованием автоматического мультитейнера «Leica ST5020-CV5030» («Stainer Integrated Workstation», «Leica», EC).

с использованием реагентов «Гематоксилин Гарриса» и «Эозин, водный раствор 1%» («Эрго Продакшн», Россия) по рекомендованному протоколу. Окрашенные срезы тканей заключали в синтетическую монтирующую среду («Биовитрум», Россия).

Процедуру иммунофенотипирования *in situ* выполняли на последовательно подготовленных срезах с тех же блоков, которые были использованы для рутинной окраски. Использовали антитела, предназначенные для диагностики *in vitro* («Ventana Medical Systems, Inc.», США): *anti-S100* (4C4.9) — мышинное моноклональное антитело (*IgG2a*), направленное против белка S100 (маркирует волокнистые элементы и структуры нервной ткани); *анти-CD34* (*QBEnd/10*) — мышинное моноклональное антитело (*IgG1*), направленное против человеческого CD34 (маркирует сосуды).

Собственно процедуру микрокопирования осуществляли с помощью цифрового сканера гистологических препаратов «Aperio AT2» («Leica», ЕС).

### Результаты и обсуждение

При оценке гистологических препаратов клиновидно-затылочного синхондроза во всех случаях наблюдали однотипную картину: высоко минерализованные ткани краев тел клиновидной и затылочной костей были соединены без включений элементов хрящевой или соединительной ткани, в виде непрерывного массива. Во всех случаях в препаратах, рутинно окрашенных гематоксилином и эозином, костный массив был плотный, образован плотно упакованными ламелями (рис. 2). При иммуногистохимических реакциях *in situ* с антителами против белка S100 волокнистых или элементов нервной ткани не выявлено. Реакции с антителом CD34 маркируют множественные сосуды прободающих (фолькмановских) каналов или каналов остеона (гаверсовых), рис. 3.

При оценке гистологических препаратов каменисто-яремного и клиновидно-каменистого синхондрозов, морфологическая картина была довольно однотипна, но значительно отличалась от строения клиновидно-затылочного соединения. В их составе присутствует хрящевая ткань, которая представлена в виде небольших островков размером 20–120 мкм с признаками дегенерации и весьма небольшим количеством сохранившихся хондроцитов. Во всех случаях «хондро-островки» были разделены как бесструктурным минерализованным костным матриксом, так и четко оформленными фибриллярными пучками, формирующими полноценные ламели. При этом толщина пластин ламелей сильно варьирует от точки к точке. При иммуногистохимической оценке препаратов с антителами против белка S100 элементы нервной ткани не выявлены (рис. 4, 5).

Таким образом, клиновидно-затылочный синхондроз характеризует себя как временный. С возрастом в нём происходит замещение хрящевой ткани на костную. По гистологическому строению клиновидно-затылочный синхондроз демонстрирует полное отсутствие хрящевого компонента у лиц среднего и пожилого возраста. Каменисто-яремный и клиновидно-каменистый синхондрозы сохраняют хрящевой компонент по крайней мере до пожилого возраста, а возможно и в течение всей жизни. При гистологическом исследовании каменисто-яремного и клиновидно-каменистого синхондрозов хрящевой компонент представлен множеством мелких островков, замурованных межкостными ламелями. Во всех синхондрозах отмечается отсутствие сосудистого и нервного компонентов. При этом выявлено наличие выраженного сосудистого русла в самой костной ткани, что позволяет предположить значимость жидкостной потенции и эластического компонента в хрящевых и костных тканях как точек приложения остеопатических техник.

Полученные данные позволяют предположить, что улучшение подвижности и кровоснабжения тканей после остеопатической коррекции возможно за счет воздействия на аморфное межклеточное вещество, его перехода из гелеобразного состояния в золь; изменения степени натяжения коллагеновых и эластиновых волокон; воздействия на микроциркуляторное русло путем изменения давления и скорости движения крови и лимфы [16–19].

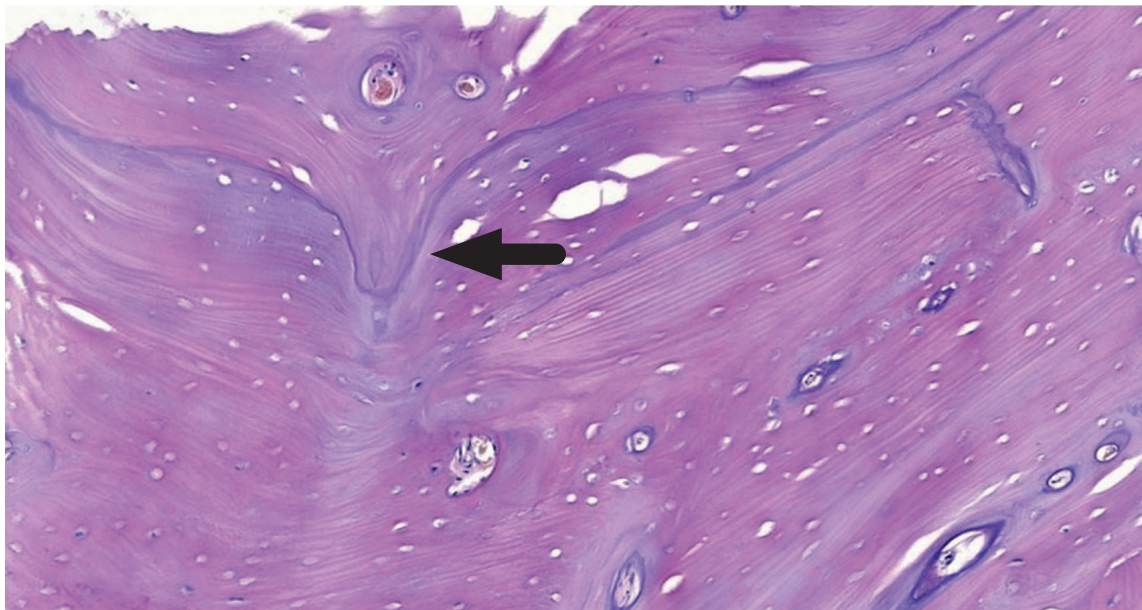


Рис. 2. Ткань клиновидно-затылочного соединения. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200.  
Стрелкой указана граница разнонаправленных ламелей

Fig. 2. Tissue of the wedge-occipital junction. Hem./eosin staining,  $\times 200$ .  
The arrow indicates the border of the multidirectional lamellas

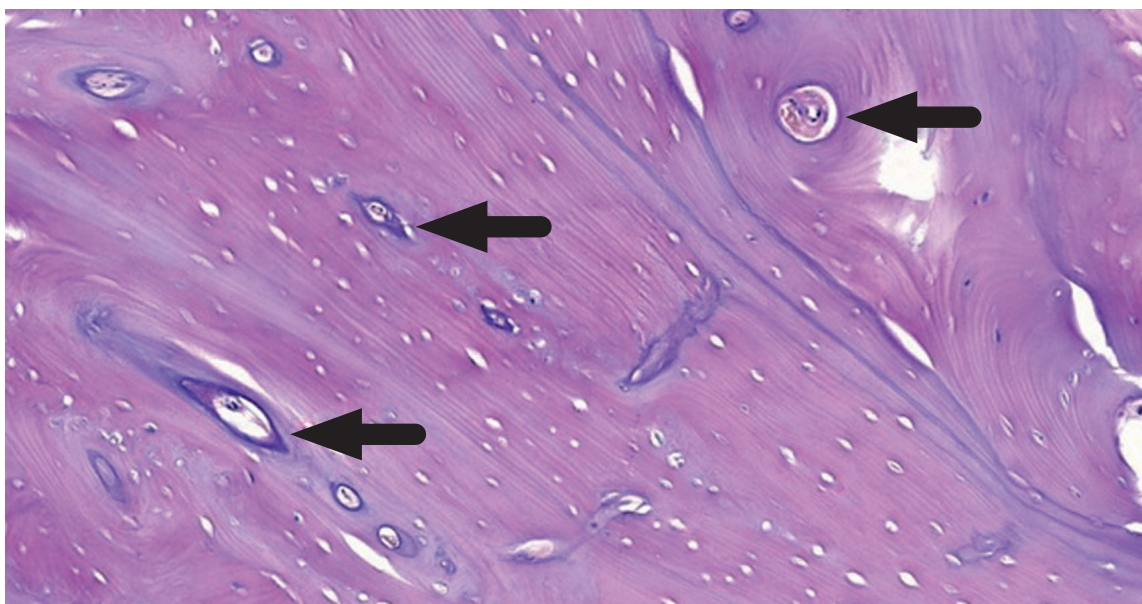


Рис. 3. Ткань клиновидно-затылочного соединения. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200.  
Стрелками указаны наиболее крупные каналы остеона (гаверсовы)

Fig. 3. Tissue of the wedge-occipital junction. Hem./eosin staining,  $\times 200$ .  
The arrows indicate the largest Havers channels

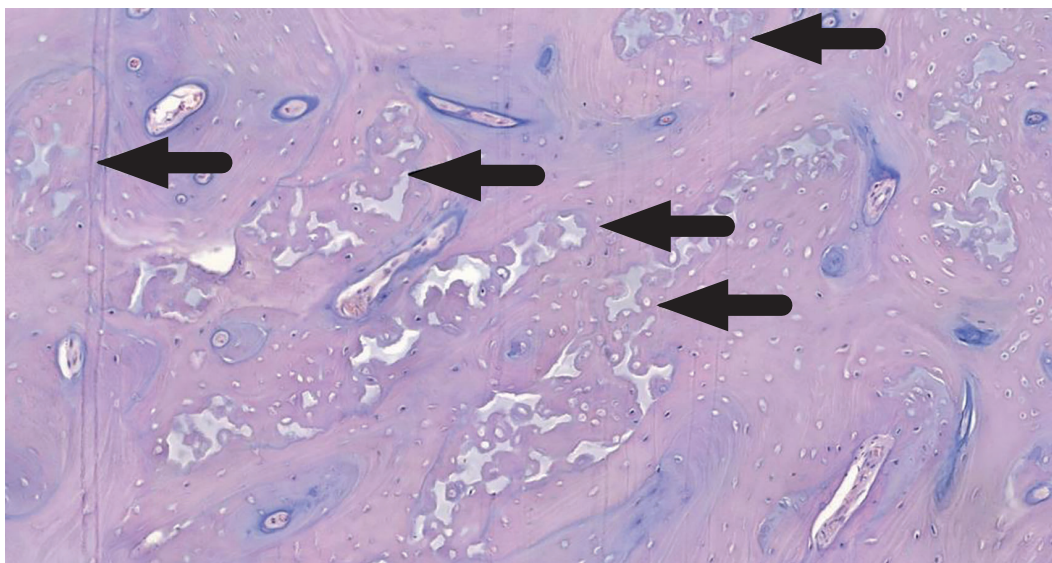


Рис. 4. Ткань петроюгулярного соединения. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 200.  
Стрелками указаны участки хондройдного вещества, сгруппированного в «островки»

Fig. 4. Tissue of the petro-jugular junction. Hem./eosin staining,  $\times 200$ .  
The arrows indicate the areas of the chondroid substance grouped into «islands»

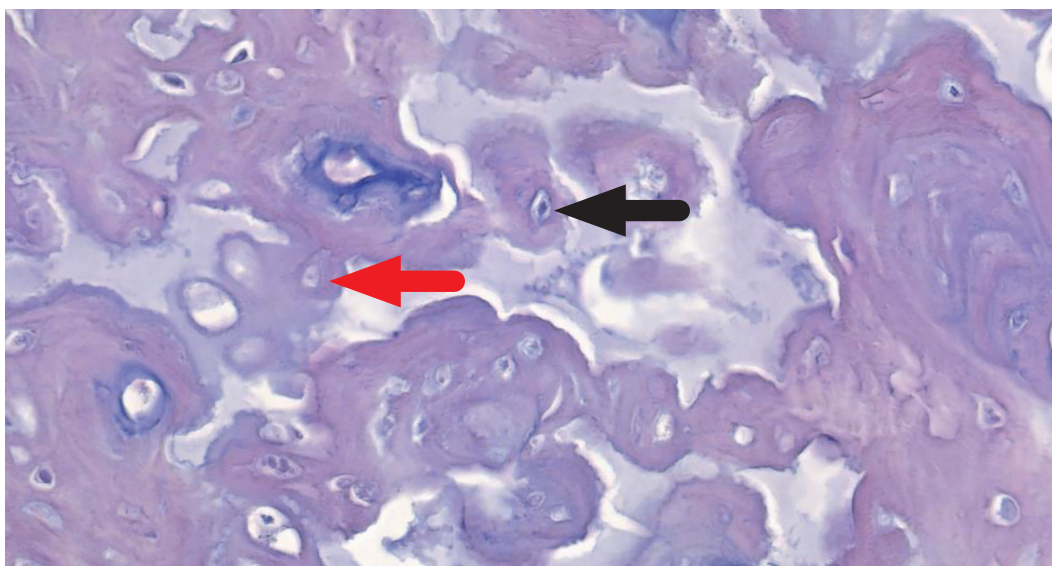


Рис. 5. Ткань сфенопетрозного соединения. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 600.  
Стрелкой красного цвета указана группа дегенеративно трансформированных хондроцитов  
в массиве дистрофически измененного хондройдного вещества.  
Для сравнения, рядом, стрелкой черного цвета указан остеоцит

Fig. 5. Tissue of the spheno-petrose connection. Hem./eosin staining,  $\times 600$ .  
A red arrow indicates a group of degeneratively transformed chondrocytes in an block of dystrophically altered chondroid substance. For comparison, an osteocyte is indicated by a black arrow near

## Заключение

Гистологическое исследование показало, что клиновидно-затылочный синхондроз характеризует себя как временный и демонстрирует полное отсутствие хрящевого компонента у лиц среднего и пожилого возраста. В каменисто-ярёмном и клиновидно-каменистом синхондрозах выявлен хрящевой компонент у лиц не только среднего, но и пожилого возраста.

## Вклад авторов:

В. А. Осипов — разработка дизайна исследования, сбор и анализ материалов  
А. Н. Пастухов — обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи  
О. И. Курбатов — научное руководство исследованием  
Ю. П. Потехина — научное руководство исследованием, редактирование текста статьи

## Authors' contributions:

Valentin A. Osipov — development of research design, collection and analysis of materials  
Artem N. Pastukhov — review of publications on the topic of the article, writing the article text  
Oleg I. Kurbatov — scientific management of research  
Yulia P. Potekhina — scientific management of the research, editing of the article text

## Литература/References

1. Москаленко Ю. Е., Кравченко Т. И. Физиологические и патофизиологические механизмы внутричерепной гемодинамики. Журн. фундаментальной мед. и биол. 2017; (4): 3–11.  
[Moskalenko Yu. E., Kravchenko T. I. Physiological and pathophysiological mechanisms of intracranial hemo- and liquor-dynamics. J. Fundamental Med. Biol. 2017; (4): 3–11 (in russ.)].
2. Мэгун Г. И. Краниальная остеопатия. Белово; 1992; 116 с.  
[Megoun G. I. Cranial osteopathy. Belovo; 1992; 116 p. (in russ.)].
3. Бредихин А. В., Бредихин К. А., Чеха О. А. Головная боль как дисфункция швов черепа. Мед. новости. 2015; (11): 23–27.  
[Bredikhin A. V., Bredikhin K. A., Chekha O. A. Headache as dysfunction of cranial sutures. Med. News. 2015; (11): 23–27 (in russ.)].
4. Приходько И. В., Урлапова Е. В., Стеггерда О. Э. Швы черепа: развитие, структура, функции. Функциональный подход к диагностике и коррекции шовных дисфункций. Российский остеопатический журнал. 2013; 3–4 (22–23): 129–139.  
[Prihodko I. V., Uralpova E. V., Steggerda O. E. Cranial Sutures: Development, Structure, and Function. Functional Approach to Diagnosis and Correction of Suture Dysfunction. Russian Osteopathic Journal. 2013; 3–4 (22–23): 129–139 (in russ.)].
5. Небожин А. И. Морфологические особенности соединений костей мозгового черепа // В сб.: Актуальные вопросы мануальной медицины и вертеброневрологии. М.; 1996: 132–137.  
[Nebozhin A. I. Morphological features of the joints of the bones of the cerebral skull // In: Current problems of manual medicine and vertebro-neurology. M.; 1996: 132–137 (in russ.)].
6. Cendekiawan T., Wong R. W., Rabie A. B. Relationships between cranial base synchondroses and craniofacial development: A review. Open Anat. J. 2010; 2: 67–75. <https://doi.org/10.2174/1877609401002010067>
7. Leonardi R., Cutrera A., Barbato E. Rapid maxillary expansion affects the spheno-occipital synchondrosis in youngsters. A study with low-dose computed tomography. Angle Orthod. 2010; 80 (1): 106–110. <https://doi.org/10.2319/012709-56.1>
8. Okamoto K., Ito J., Tokiguchi S., Furusawa T. High-resolution CT findings in the development of the sphenooccipital synchondrosis. AJNR Amer. J. Neuroradiol. 1996; 17 (1): 117–120.
9. Scheuer L., Black S., Christie A. California, USA: Elsevier Academic Press. Developmental juvenile osteology. California, USA: Elsevier Academic Press; 2000; 600 p.
10. Akhlaghi M., Taghaddosinejad F., Sheikhezadi A., Valizadeh B., Shojaei S. M. Age-at-death estimation based on the macroscopic examination of spheno-occipital sutures. J. Forensic Leg. Med. 2010; 17 (6): 304–308. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2010.04.009>
11. Das S., Ghafar N. A. Closure of the spheno-occipital suture of skull: Anatomical and forensic considerations. J. Forensic Leg. Med. 2010; 17 (8): 449. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2010.09.009>
12. Krishan K., Kanchan T., Passi N. Estimation of stature from the foot and its segments in a sub-adult female population of North India. J. Foot Ankle Res. 2011; 4: 24. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-4-24>
13. Stepanko L. S., Lagravère M. O. Sphenoid bone changes in rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. Korean J. Orthod. 2016; 46 (5): 269–279. <https://doi.org/10.4041/kjod.2016.46.5.269>

14. Boryor A., Geiger M., Hohmann A., Wunderlich A., Sander C., Sander F.M., Sander F.G. Stress distribution and displacement analysis during an intermaxillary disjunction — A three-dimensional FEM study of a human skull. J. Biomech. 2008; 41: 376–382. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2007.08.016>
15. Jafari A., Shetty K.S., Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces – A three-dimensional FEM study. Angle Orthod. 2003; 73: 12–20. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2003\)073<0012:SOSDAD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2003)073<0012:SOSDAD>2.0.CO;2)
16. Потехина Ю.П., Трегубова Е.С., Мохов Д.Е. Феномен соматической дисфункции и механизмы действия остеопатического лечения. Мед. вестн. Северного Кавказа. 2020; 15 (1): 145–152  
[Potekhina Yu.P., Tregubova E.S., Mokhov D.E. The phenomenon of somatic dysfunction and the mechanisms of osteopathic treatment. Med. News North Caucasus. 2020; 15 (1): 145–152 (in russ.)]. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2020.15036>
17. Potekhina Yu. P., Tregubova E. S., Mokhov D. E. Osteopathy is a new medical specialty. Assessment of clinical effectiveness of osteopathic manipulative therapy in various diseases. Med. News North Caucasus. 2018; 13 (3): 560–565. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13105>
18. Мохов Д.Е., Трегубова Е.С., Потехина Ю.П. Остеопатия и ее восстановительный потенциал. СПб.: Невский ракурс; 2020; 200 с.  
[Mokhov D.E., Tregubova E.S., Potekhina Yu. P. Osteopathy and its regenerative potential. St. Petersburg: Nevsky rakurs; 2020; 200 p.]
19. Потехина Ю.П., Мохов Д.Е., Трегубова Е.С. Этиология и патогенез соматических дисфункций. Клини. патофизиол. 2017; 23 (4): 16–26.  
[Potekhina Yu.P., Mokhov D.E., Tregubova E.S. Etiology and pathogenesis of somatic dysfunctions. Clin. Pathophysiol. 2017; 23 (4): 16–26 (in russ.)]. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2016-3-4-91-104>

**Сведения об авторах:**

**Валентин Александрович Осипов,**

Госпиталь ветеранов войн № 2 (Москва),  
врач-патологоанатом

**Артем Николаевич Пастухов,**

«Центральная поликлиника» (Москва),  
врач-мануальный терапевт

**Олег Игоревич Курбатов,**

Институт остеопатии (Санкт-Петербург),  
преподаватель; Научно-практический центр  
детской психоневрологии (Москва), врач-osteopat,  
мануальный терапевт

**Юлия Павловна Потехина,** профессор,

докт. мед. наук, Приволжский исследовательский  
медицинский университет, профессор кафедры  
нормальной физиологии им. Н. Ю. Беленкова;  
Институт остеопатии (Санкт-Петербург),  
заместитель директора  
по научно-методической работе  
eLibrary SPIN: 8160-4052  
ORCID ID: 0000-0001-8674-5633  
Scopus Author ID: 55318321700

**Information about authors:**

**Valentin A. Osipov,**

War Veterans Hospital № 2 (Moscow), pathologist

**Artem N. Pastukhov,**

«Central Polyclinic» (Moscow), manual therapist

**Oleg I. Kurbatov,**

Institute of Osteopathy (Saint-Petersburg), lecturer;  
Scientific and Practical Center for Pediatric  
Psychoneurology (Moscow), manual therapist,  
osteopathic physician

**Yulia P. Potekhina,** professor, Dr. Sci. (Med.),

Privolzhsky Research Medical University,  
professor at the N. Yu. Belenkov Department  
of Normal Physiology; Institute of Osteopathy  
(Saint-Petersburg), Deputy Director for Scientific  
and Methodological Work  
eLibrary SPIN: 8160-4052  
ORCID ID: 0000-0001-8674-5633  
Scopus Author ID: 55318321700