

## Морфогенетическая активность нейроэпителителя головного мозга человека в период ранней нейруляции

С.В. Савельев, А.Е. Прощина, В.И. Гулимова, Д.А. Отлыга, Г.А. Сонин  
Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В эмбриональный период, от появления первых нервных валиков до формирования первичной зоны смыкания их краёв, происходят активные перестройки нервной пластинки. Согласно общим представлениям, первые структурные признаки формирования нервной системы появляются при нейруляции на 8-й стадии по Карнеги. На 10-й стадии по Карнеги нервная пластинка начинает трансформироваться в трубку. Установлено, что во время нейруляции формирующиеся элементы нервной системы наиболее чувствительны к повреждающим воздействиям, однако этот период эмбрионального нейрогенеза наименее изучен.

**Цель исследования** — уточнить морфогенетические процессы, происходящие в ранний период нейруляции, и сопоставить последовательность провизорных морфогенезов нейроэпителителя в зоне головного мозга человека.

**Методы.** Исследовано 18 эмбрионов человека, полученных при аутопсии женщин, погибших в результате несчастных случаев. После извлечения цитотрофобластов из стенки матки проводили макроскопический анализ их содержимого, микроанатомирование и гистологическое исследование эмбрионов на серийных срезах.

**Результаты.** При исследовании процесса нейруляции в краниальном участке эмбрионов человека выявлены ранее неизвестные морфогенетические преобразования нейроэпителителя: дублирование валиков нервной пластинки, формирование временных складок нейроэктодермы и других временных эмбриональных структур. До настоящего времени эти специфичные для человека, провизорные морфогенезы мозга оставались неизвестными, а их природа не была исследована.

**Заключение.** Раннее эмбриональное формообразование головного мозга человека представляет собой сложную последовательность характерных ценогенетических движений нейроэпителителя. В головной части нервной пластинки возникают временные (провизорные) структуры, последовательно меняющие форму закладки головного мозга. По-видимому, появление и исчезновение таких структур является отражением скрытых механизмов кодирования позиционной информации, которая детерминирует дальнейшую дифференцировку основных отделов головного мозга человека.

**Ключевые слова:** человек; нейруляция; головной мозг; провизорные структуры; дифференцировка.

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Савельев С.В., Прощина А.Е., Гулимова В.И., Отлыга Д.А., Сонин Г.А. Морфогенетическая активность нейроэпителителя головного мозга человека в период ранней нейруляции // Морфология. 2026. Т. 164, № 1. С. XX-XX. DOI: 10.17816/morph.684876 EDN: CXUPFN

© Эко-Вектор, 2026

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International

Рукопись получена: 17.06.2025

Рукопись одобрена: 03.08.2025

Опубликована online: 08.10.2025

## Morphogenetic activity of the human brain neuroepithelium during early neurulation

Sergey V. Saveliev, Alexandra E. Proshchina, Victoria I. Gulimova, Dmitry A. Otlyga, Gleb A. Sonin  
Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** During the embryonic period — from the emergence of the first neural folds to the formation of the primary neural tube closure zone — the neural plate undergoes active remodeling. According to current understanding, the first signs of the nervous system appear during neurulation on Carnegie stage 8. Two days later, the neural plate begins to form a tubular structure (stage 10). It has been established that during neurulation, the developing nervous system is particularly vulnerable to various damaging influences, yet this critical period remains the least studied stage of development.

**AIM:** The aim was to describe the embryonic remodeling events of the human neural plate from the presomite to the 8-somite stage in the developing brain region.

**METHODS:** Human embryos obtained during autopsy from 18 women who died in accidents were studied. After extraction of cytotrophoblasts from the uterine wall, a macroscopic analysis of their contents, microdissection and a histological examination of the embryos in serial sections were performed.

**RESULTS:** Studies on human rostral neurulation have revealed previously unknown morphogenetic transformations of the neuroepithelium. These included duplication of the neural plate marginal folds, formation of transient neuroectodermal ridges, and other temporary embryonic structures. To date, these human-specific but provisional brain morphogenetic events have remained unrecognized, and their underlying mechanisms unexplored.

**CONCLUSION:** Early embryonic brain morphogenesis in humans involves a complex sequence of coenogenetic neuroepithelial movements. The rostral neural plate generates transient (provisional) structures that sequentially reshape the brain primordium. Their emergence and disappearance likely reflect hidden mechanisms encoding positional information, which ultimately determines the differentiation of major human brain regions.

**Keywords:** human; neurulation; brain; provisional structures; differentiation.

### TO CITE THIS ARTICLE:

Saveliev SV, Proshchina AE, Gulimova VI, Otlyga DA, Sonin GA. Morphogenetic activity of the human brain neuroepithelium during early neurulation. *Morphology*. 2026;164(1):XX–XX.  
DOI: 10.17816/morph.684876 EDN: CXUPFN

© Eco-Vector, 2026

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License

Received: 17.06.2025

Accepted: 03.08.2025

Published online: 08.10.2025

## ОБОСНОВАНИЕ

Представления о нейруляции в эмбриогенезе человека основаны на достаточно небольшом числе исследований [1–6]. Ключевые эмбриологические преобразования передней части будущего головного мозга, согласно коллекции Карнеги (США), происходят с 8-й по 10-ю стадию и завершаются на 11-й стадии закрытием рострального нейропора [7, 8]. Однако эти исследования проведены на крайне ограниченном материале, который не всегда соответствовал нормальному развитию человека [9]. По этой причине эмбриональные события между 8-й и 10-й стадиями развития описаны недостаточно подробно, во многом противоречивы и зачастую представляют собой обобщённые представления о нейруляции млекопитающих [8–10]. Основной проблемой изучения ранней нейруляции человека является малая доступность материала и отсутствие сведений о морфологических трансформациях нейроэпителлия на микроанатомическом уровне. Как правило, нейруляцию описывают на основе реконструкций серийных гистологических срезов, не видя внешней морфологии эмбрионов [1–6], что вынуждает исследователей использовать данные о развитии грызунов и других позвоночных животных [10, 11]. Однако сопоставимость нейруляционных событий человека и, например, мышей весьма условна [10–13]. У мышей нейруляция завершается формированием четырёх нейропор, а у человека — двух.

Наши первые попытки детально исследовать этот период развития человека позволили выделить пять подстадий внутри 8 и 9-й стадий эмбрионального развития и ещё пять подстадий внутри 10-й стадии [14]. Основанием для расширения периодизации развития мозга стали ранее неизвестные морфогенетические преобразования нейроэпителлия, которые стабильно воспроизводятся в эмбриональном развитии человека. Однако до настоящего времени эти специфичные для человека провизорные морфогенезы мозга плохо изучены, а их природа не исследована. В этой связи возникла необходимость в повторном изучении и детальном анализе ранее полученных препаратов.

**Цель исследования** — уточнить морфогенетические процессы во время раннего периода нейруляции и сопоставить последовательность провизорных морфогенезов нейроэпителлия в зоне головного мозга человека.

## МЕТОДЫ

**ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ** Работа представляет собой наблюдательное (наблюдательное) ретроспективное исследование.

**УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ** Исследованы гистологические препараты эмбрионов из коллекции лаборатории развития нервной системы НИИМЧ им. академика А.П. Авцына. Специфические факторы, действие которых в период проведения исследования могло повлиять на его выводы, отсутствовали. Период включения данных в исследование: с мая 1984 года по настоящее время. Смещения запланированных временных точек в ходе исследования не происходило.

## ОПИСАНИЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Эмбрионы получены при аутопсии 18 женщин в возрасте 19–27 лет, погибших в результате несчастных случаев. Целостные цитотрофобласты фиксировали в нейтральном формалине (4% параформальдегид на 0,1 М фосфатно-солевом буфере, pH 7,0–7,4). После макроскопического исследования цитотрофобласта проводили микроанатомирование под бинокулярным микроскопом МБС-10 (СССР) с увеличением от  $\times 2$  до  $\times 40$  и фотографировали эмбрионы при смешанном освещении с помощью фотокамеры Leica R-3 (Leica Camera GmbH, Германия) с макрообъективом Olympus 20mm/3,5 (Olympus Corporation, Япония). Затем образцы обезвоживали в спиртах восходящей концентрации и диоксане, заливали в парафин и готовили серийные срезы толщиной 10 мкм. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, а также по методу Маллори. Препараты анализировали и фотографировали при помощи микроскопа Ortholux II POL-BK (Ernst Leitz GmbH, Германия), оснащённого фотокамерой Leica M11 (Leica Microsystems, Германия). Цветные иллюстрации публикуются впервые.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Нейруляция у человека начинается с формирования парных ростральных нервных валиков длиной около 800 мкм. Валики представляют собой самостоятельные структуры, поскольку между ними

формируется отчётливо различимый просвет (рис. 1, *a*). По форме валики напоминают спортивный лук, причём наружный валик несколько длиннее внутреннего. Кaudальный участок валиков плавно переходит в нейруляционное поле и не образует каких-либо структур. Парные нервные валики рострального края нейруляционного поля возникают в период появления парной закладки двух передних сомитов.

Этот процесс развивается в течение нескольких часов и завершается формированием временных медиальных складок нейроэпителлия, расположенных вдоль оси нервной пластинки (рис. 1, *b*). Медиальные провизорные валики нервной пластинки изгибаются латерально и формируют угол, предваряющий первую пару сомитов. Своим каудальным краем парные ростральные валики близко подходят к латеральному плечу медиальных валиков. К этому моменту развития при микроанатомировании у эмбриона чётко видны три сомита и активно формируется ростральный участок четвёртого. Наличие медиальных пресомитных нейруляционных валиков позволяет выделить отдельную подстадию, которая завершается слиянием парных ростральных и медиальных нервных валиков в краниальной части.

После слияния медиальных и ростральных валиков нервной пластинки медиальные провизорные валики полностью исчезают. В результате формируется подковообразная головная часть нервной пластинки с довольно сложной внутренней структурой (рис. 1, *c*). На этом этапе валиков, ограничивающих головную часть нервной пластинки, становится три. Эта необычная для нейруляции млекопитающих морфологическая фаза дифференцировки нервной пластинки может быть выделена в отдельную скоротечную подстадию, которая продолжается до полного обособления четвёртого сомита. Поперечные сегменты медиальных временных складок сливаются и образуют замыкающий головную область многослойный угол, направленный остриём в ростральном направлении. В этот момент нейруляции головной регион эмбриона морфологически полностью отделён многослойной границей из валиков, как от окружающих тканей, так и от спинного мозга. Эти морфогенетические события в головном регионе нервной пластинки сопровождаются формированием нервного желобка. Он начинается каудальнее уровня первого сомита и распространяется примерно на 1/4 центральной зоны нервной пластинки. При этом форма эмбриона резко изменяется: формируется быстро углубляющийся прогиб зародыша в зоне активной дифференцировки сомитов (см. рис. 1, *c*), после чего начинается формирование нервной трубки (рис. 1, *d*).

Дополнительную информацию об этих событиях даёт рассмотрение эмбрионов с латеральной поверхности. Например, чёткое разделение парных ростральных валиков не видно с дорсальной поверхности эмбриона, но хорошо заметно с латеральной (рис. 2, *a*). Завершение морфогенеза пятого сомита совпадает с исчезновением уголкового каудальной пластинки и частичным распрямлением валиков, входивших в подковообразную структуру (рис. 2, *b*). Прогиб средней части зародыша (рис. 2, *c*) приводит к резкому сближению нервных валиков и углублению нервного желобка. В дальнейшем происходит формирование нервной трубки в центральной части зародыша (см. рис. 1 *d*; см. рис. 2, *c*; рис. 2, *d*).

Следует отметить, что на гистологических срезах через нейруляционную пластинку человека описываемые структурные особенности не различимы (рис. 3), что связано с невысокой плотностью расположения клеток мезодермы и нейроэпителлия. Распрямление трёх нервных валиков сопровождается разворачиванием головной зоны нервной пластинки (рис. 3, *a, b*). Этот участок подвергается кратковременной эверсии, которая предшествует началу замыкания нервной пластинки. Результатом этих пространственных перестроек эмбриона становится начало нейруляции. На гистологических срезах она выглядит как зональное сближение нервных валиков (рис. 3, *c*).

Нервная трубка формируется после приподнимания латеральных краёв нейроэктодермы на уровне 2–6 сомитов. В зонах контактов нервные валики дорсально сливаются и формируют небольшой участок нервной трубки (рис. 3, *d*). У человека нейруляция начинается с 3–4 точечных контактов между нервными валиками (рис. 4); слияние продолжается несколько часов. От зоны первичного срастания нервных валиков начинается ростральное и каудальное движение нейруляционных волн, что сопровождается ещё более сложными морфогенетическими процессами, которые требуют более подробного изучения.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование нервной пластинки является наименее исследованным периодом эмбрионального развития человека. Традиционно считается, что нейруляция у человека не имеет существенных

отличий от нейруляции у других видов позвоночных [11]. Однако этот процесс в различных группах позвоночных протекает с определёнными особенностями [10]. У человека нейруляция практически не описана, хотя она имеет ряд существенных отличий даже от нейруляции у приматов. Ранее мы предложили выделить несколько новых подстадий нейруляции у человека [14]. После этих исследований были накоплены новые материалы, позволяющие уточнить описанные ранее особенности морфогенеза человека. Так, обнаружены многочисленные временные валики нейроэпителия, которые существуют несколько часов, а затем бесследно исчезают. Их роль в формировании нервной системы не совсем понятна и, очевидно, недооценена. Не исключено, что формирование временных валиков служит эмбриональным механизмом детерминации или кодирования позиционной информации нейроэпителиальных клеток. Учитывая развитие методов молекулярно-генетического анализа, существует надежда на более чёткое понимание причин усложнения нейрогенеза у человека.

По общепринятым представлениям, нейруляция начинается у человека на досомитной 8-й стадии (согласно коллекции Карнеги). В разных источниках возраст эмбрионов на этой стадии варьирует от 18 до 23 дней после оплодотворения, а размер — от 0,5 до 2 мм [7–10]. Необходимо исправить некоторые неточности описания нейро- и сомитогенеза, которые существуют много лет в работах, описывающих нейруляцию у человека [1–3, 6]. В соответствии с этими представлениями, сомитогенез начинается при появлении нервного желобка и ростральных нервных валиков [2, 5, 7]. По нашим новым данным это не так. В момент появления парных ростральных нервных валиков формируется, по меньшей мере, один сомит. Однако эти временные пространственные перестройки рыхлых эмбриональных тканей можно увидеть только на микроанатомическом уровне. Поскольку большинство предыдущих исследований проведено только с учётом данных гистологического анализа, в периодизации нейруляции человека, по всей видимости, допущена ошибка [7, 14]. Первичный сомитогенез, по нашему мнению, начинается несколько раньше, чем принято считать в настоящее время.

Начало формирования первого сомита говорит о завершении пресомитного периода. По новым данным, этот период завершается, когда прекращается миграция мезодермы и образуется трёхслойный зародышевый диск. При этом сомитогенез начинается с выделения общей закладки первого и второго сомита, которые через несколько часов разделяются (см. рис. 1, *a*), но при гистологическом исследовании их разделение не визуализируется (см. рис. 4). На протяжении 14 дней активного образования сомитов мы имеем чёткие микроанатомические морфо-временные критерии для идентификации возраста эмбрионов и степени формирования нервной пластинки. Эта новая информация, возможно, потребует дальнейшего пересмотра признаков стадий, основанных только на гистологическом исследовании эмбрионов. Для такого пересмотра необходимы исследования большего числа эмбрионов с одновременным сопоставлением как микроанатомических, так и гистологических данных.

Не менее значимые вопросы возникают после описания донейруляционных событий в головном регионе эмбриона человека. Как парные, так и тройные нервные валики рострального участка нервной пластинки специфичны для человека и у других млекопитающих, включая приматов, не обнаружены. Таким образом, временное морфологическое отделение будущего головного мозга эмбриональными структурами пока никак не объяснено.

Также ранее не описаны множественные контактные точки в зоне первичного смыкания нервных валиков, что требует пересмотра представлений о тангенциальных индукционных процессах. Недавно в исследованиях *in vitro* было показано, что ширина нервной закладки определяет форму нервной трубки, то есть морфология нервной трубки по передне-задней оси зависит как от молекулярных градиентов, так и от геометрии нервной эктодермы [13].

Понимание того, как формируются органы человека, является научной задачей, имеющей большое значение для медицины. Формирование нервной трубки представляет особый интерес в связи с существованием серьёзных врождённых пороков развития — дефектов нервной трубки, которые возникают при нарушении её закрытия. Такие дефекты имеют серьёзные негативные последствия и являются одними из самых распространённых врождённых аномалий, встречающихся в 0,5–2,0 случаях из 1000 беременностей [12, 13]. Неспособность к слиянию нервных валиков в ростральной области приводит к экзенцефалии, которая прогрессирует до анэнцефалии. При этом поражённые плоды рождаются мёртвыми или умирают после рождения. Нарушение процессов слияния нервных валиков в области спинного мозга также связано с различными пороками развития, наиболее тяжёлым из которых является миеломенингоцеле (*spina bifida aperta*) [12].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование посвящено описанию ранее неизвестных морфогенетических процессов в нервной пластинке человека, от досомитной стадии до начала формирования нервной трубки. Выявлено существование воспроизводящихся в индивидуальном развитии временных (провизорных) нейроэпителиальных структур. Их морфогенетическое происхождение связано, по всей видимости, с локальной агрегацией нейробластов нервной пластинки, что может быть причиной пространственной детерминации развития мозга у человека.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** С.В. Савельев — определение концепции, проведение исследования, написание черновика рукописи, визуализация; А.Е. Прошина — проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи; В.И. Гулимова — проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи; Д.А. Отлыга — проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи; Г.А. Сонин — проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Этическая экспертиза.** Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Научно-исследовательского института морфологии человека им. акад. А.П. Авцына (Протокол № 33(9) от 07 февраля 2022 года).

**Источники финансирования.** Проведение исследования и публикация статьи осуществлены в рамках государственного задания FURG-2025-0031.

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** Работа является оригинальной, изображения, публикуемые в качестве иллюстраций, получены профессором С.В. Савельевым, цветные фотографии публикуются впервые.

**Доступ к данным.** Авторы сообщают, что все данные представлены в статье.

**Генеративный искусственный интеллект.** Генеративный искусственный интеллект при создании рукописи в целом, как и каких-либо её частей, не использовался.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFO

**Author contributions:** All authors confirm that their authorship complies with the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the concept development, research, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). The largest contributions are distributed as follows: S.V. Savelyev — concept and design of the study, collection and processing of material, processing of material, writing of the text, preparation of illustrations; A.E. Proshchina — collection of material, writing and editing of the text; V.I. Gulimova — collection of material, writing and editing of the text; D.A. Otylga — processing of material, editing of the text; G.A. Sonin — processing of material, editing of the text.

**Ethics approval:**

**Funding sources:** This study and writing of the article were carried out within the framework of the state assignment No. FURG-2025-0031.

**Disclosure of interests:** The authors declare that they have no competing interests.

**Statement of originality:**

**Data availability statement:**

**Generative AI use statement:**

**Provenance and peer-review:**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Müller F, O’Rahilly R. The first appearance of the major divisions of the human brain at stage 9. *Anat Embryol (Berl)*. 1983;168(3):419–432. doi: 10.1007/bf00304278
2. Müller F, O’Rahilly R. Somitic-vertebral correlation and vertebral levels in the human embryo. *Am J Anat*. 1986;177(1):3–

19. doi: 10.1002/aja.1001770103
3. Müller F, O’Rahilly R. The development of the human brain and the closure of the rostral neuropore at stage 11. *Anat Embryol (Berl)*. 1986;175(2):205–222. doi: 10.1007/bf00389597
  4. Müller F, O’Rahilly R. The development of the human brain, the closure of the caudal neuropore, and the beginning of secondary neurulation at stage 12. *Anat Embryol (Berl)*. 1987;176(4):413–430. doi: 10.1007/BF00310083
  5. O’Rahilly R, Müller F. The first appearance of the human nervous system at stage 8. *Anat Embryol (Berl)*. 1981;163(1):1–13. doi: 10.1007/bf00315766
  6. Müller F, O’Rahilly R. The development of the human brain from a closed neural tube at stage 13. *Anat Embryol (Berl)*. 1988;177(3):203–224. doi: 10.1007/bf00321132
  7. O’Rahilly R, Müller F. *The embryonic human brain: An atlas of developmental stages*. 3rd ed. Hoboken: Wiley-Liss; 2006. doi: 10.1002/0471973084 ISBN: 9780471973089 EDN: [SQSMHD](#)
  8. Hill MA. Early human development. *Clin Obstet Gynecol*. 2007;50(1):2–9. doi: [10.1097/GRF.0b013e31802f119d](#)
  9. O’Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. *Cells Tissues Organs*. 2010;192(2):73–84. doi: 10.1159/000289817
  10. Copp AJ. Neurulation in the cranial region--normal and abnormal. *J Anat*. 2005;207(5):623–635. doi: 10.1111/j.1469-7580.2005.00476.x
  11. Darnell D, Gilbert SF. Neuroembryology. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol*. 2017;6(1): 10.1002/wdev.215. doi: 10.1002/wdev.215
  12. Nikolopoulou E, Galea GL, Rolo A, et al. Neural tube closure: cellular, molecular and biomechanical mechanisms. *Development*. 2017;144(4):552–566. doi: 10.1242/dev.145904 EDN: [YZZDHZ](#)
  13. Karzbrun E, Khankhel AH, Megale HC, et al. Human neural tube morphogenesis in vitro by geometric constraints. *Nature*. 2021;599(7884):268–272. doi: 10.1038/s41586-021-04026-9 EDN: [GLVBOM](#)
  14. Saveliev SV. *Stages of embryonic development of the human brain*. Moscow: VEDI; 2002. (In Russ). ISBN: 5-94624-007-2 EDN: [YTFZID](#)

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### AUTHORS' INFO

*Автор, ответственный за переписку:	
* <b>Гулимова Виктория Игоревна</b> , канд. биол. наук; адрес: Россия, 117417, Москва, ул. Цюрупы, д. 3; ORCID: 0000-0002-7997-8161; eLibrary SPIN: 3755-9666; e-mail: <a href="mailto:gulimova@yandex.ru">gulimova@yandex.ru</a>	* <b>Victoria I. Gulimova</b> , Cand. Sci. (Biology); address: 3 Tsurupy st, Moscow, Russia, 117418; ORCID: 0000-0002-7997-8161; eLibrary SPIN: 3755-9666; e-mail: <a href="mailto:gulimova@yandex.ru">gulimova@yandex.ru</a>
Соавторы:	
<b>Савельев Сергей Вячеславович</b> , д-р биол. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-1447-7198; eLibrary SPIN: 2079-6351; e-mail: <a href="mailto:embrains@hotmail.com">embrains@hotmail.com</a>	<b>Sergey V. Saveliev</b> , Dr. Sci. (Biology), Professor; ORCID: 0000-0002-1447-7198; eLibrary SPIN: 2079-6351; e-mail: <a href="mailto:embrains@hotmail.com">embrains@hotmail.com</a>
<b>Прошина Александра Евгеньевна</b> , д-р. биол. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-0515-8275; eLibrary SPIN: 8899-5104; e-mail: <a href="mailto:proshchina@yandex.ru">proshchina@yandex.ru</a>	<b>Alexandra E. Proshchina</b> , Dr. Sci. (Biology); Assistant Professor; ORCID: 0000-0002-0515-8275; eLibrary SPIN: 8899-5104; e-mail: <a href="mailto:proshchina@yandex.ru">proshchina@yandex.ru</a>
<b>Отлыга Дмитрий Александрович</b> , канд. мед. наук; ORCID: 0000-0002-6719-3383; eLibrary SPIN: 7593-4951; e-mail: <a href="mailto:otlyga@bk.ru">otlyga@bk.ru</a>	<b>Dmitry A. Otlyga</b> , MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-6719-3383; eLibrary SPIN: 7593-4951; e-mail: <a href="mailto:otlyga@bk.ru">otlyga@bk.ru</a>
<b>Сонин Глеб Александрович</b> ; ORCID: 0000-0001-6844-700X;	<b>Gleb A. Sonin</b> ; ORCID: 0000-0001-6844-700X;

**Морфология / Morphology**

Оригинальные исследования / Original Study Articles

DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.684876>

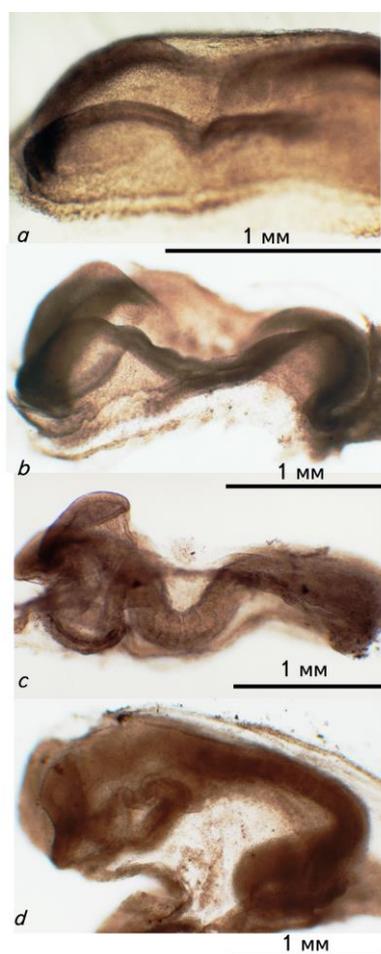
eLibrary SPIN: 5722-7347; e-mail: glebs0nin@yandex.ru	eLibrary SPIN: 5722-7347; e-mail: glebs0nin@yandex.ru
--	--

РИСУНКИ



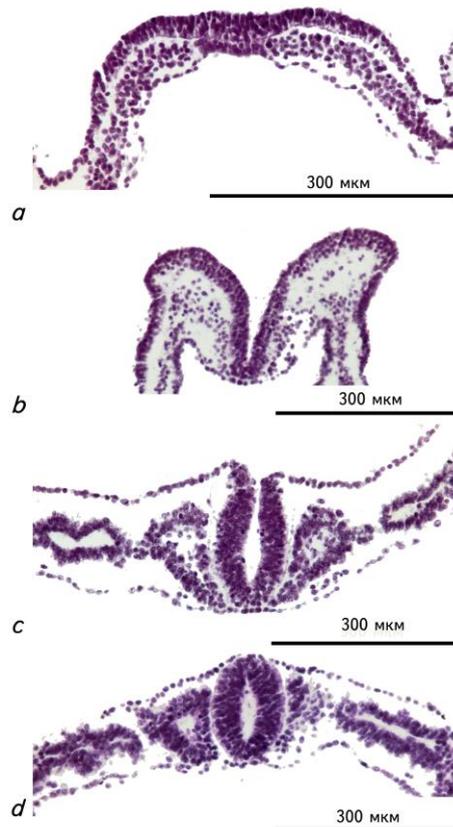
**Рис. 1.** Нервная пластинка человека, вид сверху: *a* — ростральные нервные валики и закладка пары первых сомитов; *b* — дифференцировка третьего сомита; *c* — тройные нервные валики в головном регионе нервной пластинки; *d* — начало нейруляции в средней части эмбриона. Неокрашенный макропрепарат.

**Fig. 1.** Human neural plate, dorsal view (unstained macropreparation): *a* — rostral neural folds and initiation of the first pair of somites; *b* — differentiation of the third somite; *c* — triple neural folds in the cephalic region of the neural plate; *d* — beginning of neurulation in the midsection of the embryo.



**Рис. 2.** Нервная пластинка и эмбрионы человека, вид сбоку: *a* — головной регион нервной пластинки с двойными нервными валиками во время дифференцировки третьего сомита; *b* — начало подъёма нервных валиков; *c* — изгиб зародыша в области первичного смыкания нервных валиков; *d* — изменение формы эмбриона после начала нейруляции. Неокрашенные макропрепараты.

**Fig. 2.** Human neural plate and embryos, lateral view (unstained macropreparation): *a* — head region of the neural plate with double neural folds during differentiation of the third somite; *b* — beginning of the rise of the neural folds; *c* — bending of the embryo in the area of primary closure of the neural folds; *d* — change in the shape of the embryo after the onset of neurulation.



**Рис. 3.** Гистологические фронтальные срезы через нервную пластинку человека: *a* — нервная пластинка и закладка пары первых сомитов; *b* — эвертированный участок головного региона нервной пластинки; *c* — зона первичного контакта между нервными валиками нервной пластинки; *d* — замыкание нервной пластинки в средней части эмбриона. Окрашивание гематоксилином и эозином.

**Fig. 3.** Histological frontal sections through the human neural plate (stained with hematoxylin and eosin): *a* — neural plate and the formation of the first pair of somites; *b* — everted section of the head region of the neural plate; *c* — zone of primary contact between the neural folds of the neural plate; *d* — closure of the neural plate in the middle part of the embryo.



**Рис. 4.** Область первичного контакта между нервными валиками нервной пластинки. Неокрашенный макропрепарат.

**Fig. 4.** The area of primary contact between the neural folds of the neural plate.