ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ
REVIEW ARTICLE

https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.MORPH.2
УДК 611.08

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СИЛИКОНОВОЙ И ЭПОКСИДНОЙ ПЛАСТИНАЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

М.А. Кислов[1], К.Н. Крупин[1], А.А. Супильников[1, 2], Е.А. Мишуринская[1], А.Н. Лысова[2]

[1]Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, ул. Островитянова д. 1, г. Москва, 117997, Россия
[2]Медицинский университет «Реавиз», ул. Чапаевская, д. 227, г. Самара, 443001, Россия

Резюме. В образовательном процессе медицинских и ветеринарных высших учебных заведений активно используется кадаверный материал, который трудно получить и длительно сохранить. Одним из решений длительного сохранения учебного материала является изготовление препаратов методами силиконовой и эпоксидной пластинации. При этом особую ценность приобретают способы сохранения препаратов головного мозга, который изначально, ввиду мягкой структуры, легко разрушается при ведении образовательного процесса. В статье рассмотрены новые методы пластинации головного мозга на основании выборки из научных данных PUBMED, Elibrary, Google Scholar в период с 2017 по 2024 год. Проанализированы 14 статей из выборки в 1095 статей. В настоящее время рядом авторов предлагаются новые методики с использованием полиэфирных смол, дополнительной окраски для контрастирования серого и белого вещества головного мозга, новые методы помещения в акриловые боксы и создание 3D-моделей, обработка кукурузным крахмалом и заключение в прозрачную термопленку, импрегнации гуммиарабиком или парафином, комбинирование различных пластиков при пластинации для улучшения эксплуатационных свойств препаратов.

Ключевые слова: пластинация, головной мозг, метод бальзамирования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Супильников А.А. является членом редакционной коллегии, в принятии решения о публикации работы участия не принимал.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Кислов М.А., Крупин К.Н., Супильников А.А., Мишуринская Е.А., Лысова А.Н. Обзор современных методов силиконовой и эпоксидной пластинации головного мозг. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(6):11–16. https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.MORPH.2

REVIEW OF MODERN SILICONE AND EPOXY PLASTINATION METHODS FOR THE BRAIN

Maksim A. Kislov[1], Konstantin N. Krupin[1], Aleksey A. Supil'nikov[1, 2], Evgeniya A. Mishurinskaya[1], Anna N. Lysova[2]

[1]N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia
[2]Medical University "Reaviz", 227 Chapaevskaya str., Samara, 443001, Russia

Abstract. In the educational process of medical and veterinary higher educational institutions, cadaveric material is actively used, which is difficult to obtain and preserve for a long time. One of the solutions for long-term preservation of educational material is the production of preparations from them using silicone and epoxy plastination methods. In this case, methods for preserving brain preparations are of value, which initially, due to its soft structure, is easily destroyed during the educational process. The article discusses new methods of brain plastination based on a sample of scientific data from PUBMED, Elibrary, Google Scholar for the period from 2017 to 2024. 14 articles from a sample of 1095 articles were analyzed. Currently, several authors propose new methods using polyester resins, additional staining for contrasting the gray and white matter of the brain, new methods of placing in acrylic boxes and creating 3D-models, processing with corn starch and enclosing in transparent thermal film, impregnation with gum arabic or paraffin, combining various plastics during plastination to improve the performance properties of the preparations.

Keywords: plastination, brain, method of embalming.

Competing interests. The authors declare no competing interests. Supilnikov A.A. is a member of the editorial board, he did not take part in the decision to publish the work.

Funding. This research received no external funding.

Compliance with ethical principles. The author confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent.

Cite as: Kislov M.A., Krupin K.N., Supil'nikov A.A., Mishurinskaya E.A., Lysova A.N. Review of modern silicone and epoxy plastination methods for the brain. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(6):11–16. https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.MORPH.2

© Кислов М.А., Крупин К.Н., Супильников А.А., Мишуринская Е.А., Лысова А.Н., 2024
✉ Крупин Константин Николаевич, krupin_kn@rsmu.ru

Введение

При осуществлении образовательного процесса в медицинских и ветеринарных учебных заведениях широко применяется кадаверный материал, позволяющий на реальных биологических объектах вести подготовку обучающихся. Проблема использования такого материала заключается в сложности и недостаточности его получения, быстрой эксплуатационной деградации материала. Одним из решений длительного сохранения учебного материала является изготовление из него препаратов методами силиконовой и эпоксидной пластинации, что делает материал более устойчивым к внешнему воздействию при сохранении относительной наглядности. При этом особую ценность приобретают способы сохранения препаратов головного мозга, который изначально, ввиду мягкой структуры, легко разрушается при ведении образовательного процесса. Несмотря на многообразие методов изготовления препаратов головного мозга в настоящее время продолжается поиск новых способов сохранения биопрепаратов для образовательного процесса.

Целью настоящей работы являлся анализ современных методов силиконовой и эпоксидной пластинации головного мозга в российской и зарубежной литературе.

Материалы и методы

В соответствии с целью были проанализированы работы по теме силиконовой и эпоксидной пластинации головного мозга в научных базах PUBMED, Elibrary, Google Scholar в период с 2017 по 2024 год по ключевым словам:

- для PUBMED и Google Scholar: (brain) AND (plastination);
- для Elibrary: пластинация головного мозга.

Критериями включения статей в выборку были:

- статьи на русском и английском языках;
- открытые статьи;
- качественные оригинальные и обзорные статьи с методиками пластинации головного мозга.

Критерии исключения:

- статьи без описания методики и/или результатов пластинации головного мозга;
- статьи с кратким описанием стандартной методики пластинации;
- дублирующиеся статьи.

В базе данных PUBMED получено 22 результата, отобрано для анализа 9 статей. В базе данных Google Scholar получено 1070 результатов, отобрано для анализа 5 статей. В базе данных Elibrary получено 3 результата, отобрано для анализа 0 статей.

Результаты

Villegas-Gomez G.A. с соавторами описывают методы макроскопического окрашивания препаратов головного мозга по Маллигану, берлинской лазурью, по Робертсу и по Олстону с дальнейшим изготовлением силиконовых пластинатов силиконом S-10 (Biodur®) [1]. Приготовленные окрашенные препараты сохраняли свой цвет и структуру на протяжении минимум 5 лет использования. Силиконовые препараты с дополнительно подкрашенными структурами головного мозга существенно помогали в усвоении знаний о пространственной структуре отделов головного мозга, и при опросах студентов по шкале Лайкерта 53,49 % ответили, что окрашенные срезы мозга по сравнению с неокрашенными были более полезными в обучении.

В своей работе Baptista C.A.C. с соавторами пошагово описывает процесс приготовления препаратов срезов головного мозга методом P40 с использованием полиэфирной смолы Biodur® P40 [2]. Данный метод позволяет получать тонкие срезы различных отделов головного мозга с хорошей дифференциацией серого и белого вещества, препарат значительно устойчив к воздействию внешней среды, а среда не желтеет со временем.

Baygeldi S.B. с соавторами описывают процесс и результаты колориметрической оценки свежих пластинированных силиконом и депластинированных срезов головного мозга овец [3]. Выявлено, что некоторые этапы пластинации вызывают потерю цвета в пластинатах, так как фиксирующие растворы и методы могут вызывать изменение цвета на трупе. Согласно исследованиям, ткани теряют свой цвет в фиксирующих растворах, в которых используются формальдегид различной плотности, из-за того, что он быстро коагулирует кровь. Изменения цвета могут происходить в тканях (мышцах, коже, соединительной ткани и т.д.) во время этапов фиксации и дегидратации. При фиксации препарата без использования формальдегида небольшая потеря цвета наблюдалась в тканях после этапа пластинации.

В своём исследовании об эффективности использования пластинированного и консервированного головного мозга в обучении нейроанатомии Kenny S Seng с соавторами отмечает эффективность применения обоих видов препаратов в образовательном процессе [4]. Пластинаты головного мозга дорогие при покупке, но долгосрочное использование и безопасность многократно повышает их целесообразность использования в процессе обучения даже при невозможности использования 3D-технологий ввиду дороговизны последних. Комбинированное использование препаратов в образовательном процессе положительно сказывается на мотивированности студентов и их вовлеченности. Долгосрочное закрепление знаний, полученных с применением

этих технологий, в этом научном исследовании не изучалось.

Sheantel Reihl с соавторами [5] и автор методики Elnady F.A. [6] описывают метод получения препарата головного мозга методом Элнади, являющимся усовершенствованной методикой, описанной фон Хагенсом и заключающейся в фиксации, обезвоживании образца, пропитке глицерином с последующей обработкой кукурузным крахмалом. Конечные продукты практически не имели заметных изменений цвета, имели мягкую, податливую текстуру и не имели остаточного запаха от их предыдущей консервации формальдегидом. Автор методики рекомендует запаивать готовые препараты в прозрачную термопленку перед применением в образовательном процессе. В среднем образцы показали изменение на 6,5 % по весу, 8,5 % по высоте, 4,8 % по ширине и 8,9 % по длине. Этот метод авторы рекомендуют использовать в лабораторном пространстве с низкими ресурсами, при комнатной температуре и давлении, с использованием малотоксичных материалов и с минимальными затратами.

Christoph von Horst в своей работе проанализировал возможность сочетания различных синтетических материалов для улучшения практической применимости пластинатов биологических структур [7]. Использование нескольких полимеров позволило комбинировать определённые преимущества и снижать влияние недостатков полимеров в одном образце.

Первым способом достижения этого было выполнение пропитки ткани эпоксидной смолой, отверждённой ангидридом, и использование пластинированной эпоксидной смолы, отверждённой амином, для отливки конечных листов. Расширение диапазона полимеров для литья привело к использованию эпоксидных смол, разработанных для промышленных целей, УФ-отверждаемых акриловых смол, полиуретановых полимеров и т.д. Помимо более прозрачного внешнего вида, более высокой устойчивости к царапинам и часто более низкого или отсутствующего пожелтения, такие полимеры часто были дешевле, чем пластинированные полимеры.

Другим способом был метод встраивания ультратонких эпоксидных срезов в полиэфирную смолу, что показало дополнительный эффект, заключающийся в том, что контраст жировой и нервной ткани был усилен таким же образом, как в полиэфирных листовых пластинатах. В зависимости от используемой эпоксидной смолы и толщины погружённого среза, стирол в некоторых случаях вызывал чрезмерное размягчение и набухание отверждённого эпоксидного полимера. Другие полимеры, подходящие для литья, такие как полиуретан, показали схожие взаимодействия с тканями, что привело к интересным эффектам визуализации вставок сухожилий в некоторых препаратах. Полиуретан в то же время имел нежелательные эффекты, такие как образование пузырьков газа во время отверждения с большинством встроенных препластинатов.

Третьим способом рассматривалось добавление дополнительного слоя литого акрила к образцам. Акриловый защитный слой добавил вес, устойчивость и возможность разместить образец вертикально без отдельных подставок или прикрепить верёвки для представления образцов в свободном подвешенном состоянии. Прочное крепление основания образца к презентационной платформе позволило посетителям внимательно изучить его без риска повреждения и кражи. Кроме того, 10-миллиметровый акриловый защитный слой с обеих сторон пластината сократил количество ультрафиолетового света, которое могло достичь образцов, до минимума. Пожелтения полимера пластинации и обесцвечивания самого образца таким образом можно было избежать.

Четвертым способом изучена преднамеренная неполная первая пропитка, которая позволила пропитать ткань другим полимером на втором этапе пропитки. Неполная пропитка могла быть достигнута путём добавления в образец таких веществ, как, например, ксилол, которые не полностью испарялись во время вакуумной пропитки, но медленно испарялись из образцов во время и после отверждения или которые могли быть удалены после отверждения с помощью тепла и вакуума. Избирательная пропитка позволила изменить визуализацию определённых структур. Сухожилия, хрящ и костная ткань были четко распознаваемы благодаря избирательной пропитке по сравнению с обычными пластинатами, где различные типы тканей часто выглядели одинаково на первый взгляд. Подходы избирательной пропитки также достигли естественного вида сухожилий и соединительной ткани или других типов тканей. Диапазон возможных вариаций оставляет много вариантов, которые ещё не были оценены. Недостатками избирательной пропитки были неожиданные взаимодействия между различными полимерами в ткани, включая изменения прозрачности в зависимости от температуры пластината.

Пятым рассмотрен способ инъекции кровеносных сосудов и полых органов влажных образцов для более лёгкой идентификации таких структур в полученных листовых пластинатах, который оказался настолько распространённым при пластинации, что не было предпринято никаких специальных усилий для дальнейшего изучения этого устоявшегося подхода как такового. В сочетании с селективной пропиткой, литьём полиэфирных листов и погружением

в стирол цвет в полимерах мог выцветать или в некоторых случаях вытекать в окружающую ткань и литой полимер. Если в образцах присутствовали разорванные или порезанные кровеносные сосуды, инъекция цветных полимеров могла привести к полной потере образца из-за неконтролируемой утечки цветной смолы.

В совей работе Andrea Porzionato с соавт. описывают применение стандартной методики силиконовой пластинации головного мозга в практической деятельности судебно-медицинской экспертизы для трёхмерной визуализации повреждения [8].

Toaquiza A.B. с соавторами описывают в своей работе стандартную процедуру пластинации головного мозга собаки силиконом S6 (Biodur®) [9]. По результатам морфометрического исследования наблюдалось снижение массы головного мозга в препарате по сравнению с исходным образцом в пределах 18,91 %.

Ottone N.E. в главе книги [10] пошагово описывает способ полиэстеровой пластинации срезов головного мозга. Рассматриваются все этапы приготовления препарата от фиксации образцов до разборки камер выдержки и выравнивания пластин для презентации. Уделено внимание различным температурным режимам и устранению трудностей при изготовлении пластинатов.

Ramadoss M. с соавторами [11] в своей работе описывают методы окраски головного мозга до пластинации для визуализации отдельных структур. Рассмотрены методы Маллигана, Ле Мазурье, Роберта, модифицированный метод Браака, Алстона, позволяющие чётко разграничить серое и белое вещество и проводимые до стадии обезвоживания препарата. Контрастирование структур головного мозга облегчает процесс обучения студентов и позволяет детально воспроизвести объёмные структуры головного мозга.

Satte M.S. с соавторами предлагают использование гуммиарабика при пропитывании тканей головного мозга для изготовления анатомических препаратов длительного хранения и использования в образовательном процессе [12]. Проведено сравнительное исследование между полученными препаратами и препаратами, полученными по стандартной методике импрегнации силиконом S10/S3. Концентрация гуммиарабика в растворе для лучшего результата должна быть менее 110 г/л, при концентрации глицерина от 30 до 80 % и воды менее 70 %. При такой концентрации гуммиарабика препараты становятся более гибкими и менее хрупкими по сравнению с силиконовыми пластинатами.

Jain L.K. с соавторами предлагают метод импрегнации парафином внутренних органов, в том числе головного мозга [13]. Такой метод отличается дешевизной при удовлетворительной репрезентативности. При этом отмечается уменьшение размеров пластинированного головного мозга на 43,07 % по сравнению с влажным органом. Пластинаты рекомендуется окрашивать акриловыми красителями и покрывать защитным лаком.

Lee J.Y. с соавторами предлагают новый метод подготовки анатомических препаратов головного мозга, имеющий элементы пластинации [14]. После фиксации орган разрезали на пластины толщиной 3 мм в специально разработанном устройстве после предварительной заливки в 2 % раствор агара. Каждый из срезов фотографировался, обрабатывался для удаления изображения лишних деталей и импортировался в программу 3D-DOCTOR (Able Software Co.) для реконструкции 3D-модели. С пластин головного мозга удалялся вручную агар, пластины крепились с помощью УФ-затвердевающей смолы в акриловом боксе и в два этапа заливались смолой с отверждением УФ. Преимуществами такого метода является минимальная обработка образца, что приводит к сохранению естественного цвета и размеров органа, а также относительная дешевизна. Одним из ограничений этого исследования является то, что препарат не сохраняется в течение длительного времени. Через три–четыре года после изготовления образцов срезы мозга претерпевают изменения цвета и мелкую усадку, что, предположительно, вызвано испарением через мелкие отверстия пластиковой рамки и УФ-смолы. Поэтому любая обработка, которая может предотвратить испарение воды, например нанесение водонепроницаемого покрытия, может быть полезна для сохранения образцов.

Заключение

В образовательном процессе медицинских и ветеринарных учебных заведений наряду с нативным кадаверным материалом используются пластинаты головного мозга, приготовленные методом стандартной силиконовой и эпоксидной пластинации. Установлено, что при подготовке головного мозга к пластинации изменяется цветовая палитра мозговой ткани в зависимости от метода, а объём и масса головного мозга уменьшаются. Тем не менее, использование пластинатов показывает положительные результаты в образовательном процессе в виде увеличения мотивированности студентов и их вовлечённости. В настоящее время рядом авторов предлагаются новые методики с использованием полиэфирных смол, дополнительной окраски для контрастирования серого и белого вещества головного мозга, новые методы помещения в акриловые боксы и создание 3D-моделей, обработка кукурузным крахмалом и заключение в прозрачную термоплёнку, импрегнации гуммиарабиком или парафином, комбинирование различных пластиков при пластинации для улучшения эксплуатационных свойств препаратов.

Процесс поиска новых методов изготовления анатомических препаратов головного мозга, используемых в образовательном процессе, направлен на достижение трёх целей, которые зачастую разнонаправлены:

- удешевление изготовления препарата;
- улучшение информативности препарата;
- улучшение эксплуатационных характеристик препарата.

Поиск новых методов изготовления анатомических препаратов головного мозга постоянно продолжается, так как ни один из существующих не является абсолютно устраивающим все образовательные учреждения.

Литература [References]

1 Villegas-Gomez G.A., Figueredo L.F., Ramirez A.D., Quiroga-Padilla P.J., Rueda-Esteban R. Macroscopic brain gray matter staining: historical protocol overview and neuroanatomy learning applications in second-year medical students. *Front Neuroanat.* 2023 Aug 17;17:1227933. https://https://doi.org/10.3389/fnana.2023.1227933. PMID: 37662477; PMCID: PMC10470058.

2 Baptista C.A.C., DeJong K., Latorre R., Bittencourt A.S. P40 polyester sheet plastination technique for brain and body slices: The vertical and horizontal flat chamber methods. *Anat Histol Embryol.* 2019 Nov;48(6):572-576. https://https://doi.org/10.1111/ahe.12486. Epub 2019 Sep 11. PMID: 31509268.

3 Baygeldi S.B., Güzel B.C., Şeker U. Colorimetric evaluation of cross-sectional silicone plastination of the Total head region of sheep and Deplastination of the histological sections of brain tissue. *Anat Histol Embryol.* 2022 Jul;51(4):542-548. https://https://doi.org/10.1111/ahe.12827. Epub 2022 Jun 21. PMID: 35726566.

4 Seng K.S., Malilay O.R.M., Pascual J.L.R., Baticulon R.E., Tecson J.V. Perceptions of Selected Undergraduate Medical Students in the Philippines on the Effectiveness of the Combined Use of Plastinated and Formalin-preserved Brains in Neuroanatomy Education: A Cross-sectional Study. *Acta Med Philipp.* 2023 Oct 26;57(10):52-58. https://https://doi.org/10.47895/amp.v57i10.7225. PMID: 39483188; PMCID: PMC11522352.

5 Reihl S., Kim Y., Harmon D., El-Sayed I.H., Abla A., Rodriguez Rubio R. A Minimalistic Technique for Neural Tissue Preservation and Neuroanatomical Education: Quantitative Study of the Elnady Technique on Human Cadaveric Specimens. *Cureus.* 2022 Nov 16;14(11):e31588. https://https://doi.org/10.7759/cureus.31588. PMID: 36540463; PMCID: PMC9757649.

6 Elnady F.A. Innovative, Simple Models for Teaching Neuroanatomy Using the Elnady Technique. *J Vet Med Educ.* 2019 Summer;46(2):214-217. https://https://doi.org/10.3138/jvme.0717-092r1. Epub 2018 Nov 12. PMID: 30418813.

7 Horst von C. Multiple polymer plastination: Combining different types of polymers in teaching and exhibition plastinates. *Anat Histol Embryol.* 2019 Nov;48(6):577-583. https://https://doi.org/10.1111/ahe.12476. Epub 2019 Aug 22. PMID: 31441106.

8 Porzionato A., Russo M., Macchi V., Aprile A., De Caro R. The utility of plastinates in court: a case of firearm homicide. *Forensic Sci Med Pathol.* 2018 Jun;14(2):216-220. https://https://doi.org/10.1007/s12024-018-9958-x. Epub 2018 Feb 24. PMID: 29478094.

9 Toaquiza A.B., Gómez C., Ottone N.E., Revelo-Cueva M. Conservation of organs (heart, brain and kidney) of canine by cold-temperature silicone plastination in an animal anatomy laboratory in Ecuador. *Int. J. Morphol.* 2023;41(4):1004-1008.

10 Ottone N.E. Polyester Sheet Plastination Technique. *Advances in Plastination Techniques. Cham: Springer International Publishing.* 2023:177-200.

11 Ramadoss M., Jessica S.A., Kavimani M., Prabhu K., Ramesh P. The Study of Sectional Anatomy of Sheep and Human Brain by Various Staining Methods. *Asian Journal of Medicine and Health.* 2022;20(11):97-104.

12 Satte M.S., Ali T.O., Mohamed A.Y. The Use of Vacuum Forced Impregnation of Gum Arabic Solution in Biological Tissues for Long-Term Preservation. *The Journal of Plastination [Online*]. https://journal.plastination.org/articles/the-use-of-vacuum-forced-impregnation-of-gum-arabic-solution-in-biological-tissues-for-long-term-preservation/

13 Jain L.K., Babel H. an Innovative Method To Prepare Formalin Free Models By Paraffin Impregnation of Human Organs-Heart, Brain, Spleen and Liver. *Int J Anat Res.* 2017;5(2.3):3988-3992. https://doi.org/10.16965/ijar.2017.237

14 Lee J.Y. et al. A new brain-cutting device and ultraviolet resin-mounted human brain slices as a teaching adjunct for neuroanatomy education. *Journal of Anatomy.* 2022;241(6):1477-1488. https://doi.org/10.1111/joa.13757

Авторская справка

Кислов Максим Александрович
Д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой морфологии Института анатомии и морфологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова.
ORCID 0000-0002-9303-7640
Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

Крупин Константин Николаевич
Канд. мед. наук, доцент, специалист по учебно-методической работе Центра анатомического и симуляционного моделирования Мультипрофильного аккредитационно-симуляционного центра Института анатомии и морфологии имени академика Ю.М. Лопухина, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.
ORCID 0000-0001-6999-8524; krupin_kn@rsmu.ru
Вклад автора: анализ данных литературы.

Author's reference

Maksim A. Kislov
Dr. Sci. (Med.), Docent, Head of the Department of Morphology at the Institute of Anatomy and Morphology, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University.
ORCID 0000-0002-9303-7640
Author's contribution: study concept and design.

Konstantin N. Krupin
Cand. Sci. (Med.), Docent, specialist in educational and methodological work of the Center for Anatomical and Simulation Modeling of the Multi-profile Accreditation and Simulation Center of the Institute of Anatomy and Morphology named after Academician Y.M. Lopukhin, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University.
ORCID 0000-0001-6999-8524; krupin_kn@rsmu.ru
Author's contribution: literature data analysis.

Супильников Алексей Александрович
Канд. мед. наук, доцент, заместитель директора Института анатомии и морфологии имени академика Ю.М. Лопухина, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова; первый проректор по научной деятельности, Медицинский университет «Реавиз».
ORCID 0000-0002-1350-0704; a.a.supilnikov@reaviz.online
Вклад автора: анализ данных литературы.

Мишуринская Евгения Андреевна
Руководитель Центра анатомического и симуляционного моделирования Мультипрофильного аккредитационно-симуляционного центра Института анатомии и морфологии имени академика Ю.М. Лопухина, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.
ORCID 0000-0003-1830-7492; mishurinskaya_ea@rsmu.ru
Вклад автора: анализ данных литературы.

Лысова Анна Николаевна
Канд. мед. наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии, Медицинский университет «Реавиз».
ORCID 0009-0005-2864-1250, lysovaann@mail.ru
Вклад автора: анализ данных литературы.

Aleksey A. Supilnikov
Cand. Sci. (Med.), Docent, Deputy Director of the Director of the Lopukhin Institute of Anatomy and Morphology, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; First Vicerector for Scientific Activity, Medical University "Reaviz".
ORCID 0000-0002-1350-0704; a.a.supilnikov@reaviz.online
Author's contribution: literature data analysis.

Evgeniya A. Mishurinskaya
Head of the Center for Anatomical and Simulation Modeling of the Multiprofile Accreditation and Simulation Center of the Lopukhin Institute of Anatomy and Morphology, N.I. Pyrogov Russian National Research Medical University.
ORCID 0000-0003-1830-7492; mishurinskaya_ea@rsmu.ru
Author's contribution: literature data analysis.

Anna N. Lysova
Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology, Medical University "Reaviz".
ORCID 0009-0005-2864-1250; lysovaann@mail.ru
Author's contribution: analysis of literature data.

Статья поступила 25.11.2024
Одобрена после рецензирования 26.12.2024
Принята в печать 28.12.2024

Received November, 25th 2024
Approwed after reviewing December, 26th 2024
Accepted for publication December, 28th 2024