



Нозокомиальные менингиты и вентрикулиты: клиника, диагностика, профилактика (обзор литературы)

М. И. АЙБАЗОВА^{1*}, Н. В. ДРЯГИНА¹, Л. М. ЦЕНЦИПЕР¹⁻⁴, Л. А. ШМИДТ², Н. В. ГОНЧАРУК², А. Н. КОНДРАТЬЕВ¹

¹ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова, филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 14.12.2024 г.; дата рецензирования 23.02.2025 г.

РЕЗЮМЕ Цель – обобщение данных литературы о методах диагностики и профилактики нозокомиальных менингитов.

Нозокомиальные менингиты (НМ) и вентрикулиты являются тяжелыми, нередко жизнеугрожающими осложнениями в нейрохирургии. В настоящее время выделяют послеоперационные менингиты, шунт-инфекции, дренаж-ассоциированные вентрикулиты. Для каждой из вышеперечисленных групп заболеваний существуют особенности диагностических подходов, этиотропных агентов, лечения, значительно отличающиеся от внебольничных инфекций центральной нервной системы. Возбудители представлены широким спектром условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, существенно отличающихся от внебольничных. Диагностика НМ строится в основном на клинической оценке и лабораторном исследовании спинномозговой жидкости. В большинстве рекомендаций точные лабораторные критерии диагноза НМ отсутствуют, что объясняется вариабельностью сдвигов, зависящих от микроорганизма, вызвавшего инфекцию, и от индивидуальных особенностей пациента, а также многообразием клинических ситуаций. Профилактика НМ строится на минимизации факторов риска, включает в себя мероприятия, направленные против эндогенного и экзогенного инфицирования, и может быть разделена на три этапа: предоперационная, интраоперационная и послеоперационная. Разработка критериев НМ и вентрикулитов, выявление факторов риска остается важной проблемой, окончательно не решенной на сегодняшний день.

Ключевые слова: нозокомиальный менингит, вентрикулит, спинномозговая жидкость, диагностика, факторы риска, профилактика

Для цитирования: Айбазова М. И., Дрягина Н. В., Ценципер Л. М., Шмидт Л. А., Гончарук Н. В., Кондратьев А. Н. Нозокомиальные менингиты и вентрикулиты: клиника, диагностика, профилактика (обзор литературы) // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2025. – Т. 22, № 3. – С. 108–118. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-3-108-118>.

Nosocomial meningitis and ventriculitis: clinic, diagnosis, prevention (literature review)

MEDINA I. AJBAZOVA^{1*}, NATAL'YA V. DRYAGINA¹, LUBOV M. TSENTSIPER¹⁻⁴, LEONID A. SHMIDT, NIKITA V. GONCHARUK, ANATOLY N. KONDRATYEV¹

¹ Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – Branch of Almazov National, Saint Petersburg, Russia

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

³ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

⁴ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

Received 14.12.2024; review date 23.02.2025

ABSTRACT The objective was to summarize data from the literature on methods of diagnosis and prevention of nosocomial meningitis.

Nosocomial meningitis (NM) and ventriculitis are severe, often life-threatening complications in neurosurgery. Currently, postoperative meningitis, shunt infections, and drainage-associated ventriculitis are distinguished. For each of the above groups of diseases, there are specific diagnostic approaches, etiotropic agents, and treatments that differ significantly from community-acquired infections of the central nervous system. Pathogens are represented by a wide range of opportunistic and pathogenic microorganisms, which differ significantly from community-acquired ones. The diagnosis of NM is based mainly on clinical assessment and laboratory examination of cerebrospinal fluid. In most recommendations, there are no precise laboratory criteria for the diagnosis of NM, which is explained by the variability of shifts depending on the microorganism that caused the infection and on the individual characteristics of the patient, as well as the variety of clinical situations. NM prevention is based on minimizing risk factors, includes measures against endogenous and exogenous infection, and can be divided into three stages: preoperative, intraoperative and postoperative. The development of criteria for NM and ventriculitis, the identification of risk factors remains an important problem that has not been definitively solved to date.

Keywords: nosocomial meningitis, ventriculitis, cerebrospinal fluid, diagnosis, risk factors, prevention

For citation: Ajbazova M. I., Dryagina N. V., Tsentsiper L. M., Shmidt L. A., Goncharuk N. V., Kondratyev A. N. Nosocomial meningitis and ventriculitis: clinic, diagnosis, prevention (literature review). *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2025, Vol. 22, № 3, P. 108–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2025-22-3-108-118>.

* Для корреспонденции:
Медина Исламовна Айбазова
E-mail: aibazova.med@yandex.ru

* Correspondence:
Medina I. Aybazova
E-mail: aibazova.med@yandex.ru

Нозокомиальные менингиты (НМ) и вентрикулиты – тяжелые, нередко жизнеугрожающие осложнения в нейрохирургии. Условно нозокомиальные менингиты и вентрикулиты можно разделить на 3 группы:

- 1) послеоперационные менингиты;
- 2) шунт-инфекции;
- 3) дренаж-ассоциированные вентрикулиты.

Для каждой из этих групп существуют особенности диагностических подходов, этиотропных агентов, лечения, значительно отличающиеся от внебольничных инфекций центральной нервной системы (ЦНС). Менингиты, развивающиеся после черепно-мозговой травмы (ЧМТ), принято относить к нозокомиальным, диагностируются они в ходе госпитализации, зачастую по прошествии 48 часов.

Частота шунт-инфекций варьирует от 5 до 41%, обычно в пределах 4–17%, послеоперационных менингитов – от 2,8 до 14%, по данным крупного метаанализа, охватившего 83 исследования с 2000 по 2022 гг., объединенная частота нозокомиальных менингитов после плановых внутричерепных вмешательств составляла 1,6% [8, 18, 32]. У пациентов с наружными вентрикулярными дренажами частота вентрикулита составляет от 0% до 22% или 11,4 случаев на 1000 катетер-дней [18].

По данным НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко, заболеваемость нозокомиальным менингитом составляет 8,4% с летальностью 28,9%, частота дренаж-ассоциированного менингитовентрикулита – 19,8% или 18,3 случаев на 1000 дней дренирования [1]. Смертность пациентов с НМ составляет 10–11%, а при вентрикулите – до 30%, тяжелый неврологический дефицит развивается у 60% выживших [29, 31].

Этиология НМ представлена широким спектром условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, среди которых следует выделить коагулазо-негативные стафилококки (*Staphylococcus capitis*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus*), *Staphylococcus aureus*, энтеробактерии (*Klebsiella pneumoniae* и *Enterobacter spp.*) и другие грамотрицательные бактерии (*Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*) [5, 6, 9, 21, 29, 36, 38, 45, 46, 48]. У пациентов с переломами основания черепа и ликвореей частым возбудителем менингита является пневмококк [14, 20, 27]. В последние годы наблюдают значительный рост менингитов, вызванных клебсиеллой, микроорганизмом, входящим в группу ЭСКАПЕ-патогенов, которые представляют особую проблему с точки зрения роста резистентности [21, 39, 54]. После нейрохирургических вмешательств, при ликворее причиной менингитов чаще становится грамотрицательная флора. Дренаж-ассоциированная инфекция обычно обусловлена грамположительной флорой. Эпидермальный и золотистый стафилококки, частые возбудители инфекций дренажей и шунтирующих систем, склонны к образованию биопле-

нок – сообществ бактерий, которые прикрепляются к внутренней или наружной поверхности катетера. Находящиеся внутри биопленок микроорганизмы защищены от иммунного ответа и лекарственных препаратов [5, 45, 53].

Основные факторы, предрасполагающие к развитию постоперационного менингита: краниотомия, длительность нейрохирургического вмешательства, реоперации, область вмешательства и вид хирургического доступа (вскрытие пазух), ликворея [1, 18, 24, 30, 35, 39, 49].

Причины развития шунт-инфекции: наиболее частый механизм – колонизация шунта во время оперативного вмешательства (в этом случае воспаление обычно развивается в течение первого месяца после установки шунтирующей системы). Другие механизмы: ретроградная инфекция из дистального конца шунта (перфорация кишечника, интраабдоминальные вмешательства); через кожу при различных манипуляциях с резервуаром шунта (взятие спинномозговой жидкости (СМЖ) для исследования или введение лекарственных препаратов); гематогенный путь (у пациентов с вентрикулоатриальными шунтами). Факторы риска шунт-инфекции: недоношенность, внутрижелудочковое кровоизлияние, предшествующие инфекции шунтов и их ревизии, установка шунтирующей системы менее опытным нейрохирургом, большое число персонала в операционной, перфорация перчаток, интраоперационное использование нейроэндоскопа, бритье или недостаточная обработка кожи пациента [6, 17, 23–25, 30].

Инфицирование наружных вентрикулярных и люмбальных дренажей, так же, как и шунтирующих систем, чаще всего происходит при их установке. Другие пути развития инфекции: через дистальный участок дренажа в месте его выхода, при промывании катетеров для их проходимости, при заборе СМЖ из дренажа на исследование. Основным фактором риска инфицирования признана длительность дренирования: безопасным считают срок не более 5 суток. Другими факторами риска являются внутрижелудочковое кровоизлияние и субарахноидальное кровоизлияние (САК), ликворея, краниотомия, иригация катетера [1, 22, 26, 30, 49, 51].

Среди факторов риска, общих для всех видов менингитов и вентрикулитов, связанных с оказанием медицинской помощи, выделяют: интубацию трахеи, катетеризацию центральной вены, применение глюкокортикостероидов, пожилой возраст, морбидное ожирение, сахарный диабет, иммуносупрессию [24, 30, 35, 51].

Диагностика. Диагностика НМ строится в основном на клинической оценке и лабораторном исследовании СМЖ. Классическими клиническими проявлениями являются: лихорадка, общемозговая симптоматика в виде головной боли, судорог, нарушения психического статуса и менингеальные симптомы: ригидность затылочных мышц и положительные симптомы Кернига и Брудзинского

[12, 18, 50]. При шунт-инфекциях ведущими могут являться проявления дисфункции шунта: симптомы внутричерепной гипертензии, покраснение и болезненность над местом подкожного прохождения шунта, у пациентов с вентрикулоперитонеальными шунтами – абдоминальные боли, признаки перитонита [50]. Однако оценка клинических проявлений НМ и вентрикулитов осложняется рядом факторов:

- сложности оценки неврологической симптоматики в связи с исходным неврологическим дефицитом, проведением нейровегетативной стабилизации, медикаментозной седации;
- наличие спастики и контрактур затрудняет оценку менингеальных симптомов, снижая их достоверность;
- судороги и нарушения ментального статуса могут быть вызваны основным заболеванием, не связанным с воспалением в ликворопроводящих путях;
- лихорадка у нейрохирургических пациентов может иметь центральный генез или связана с другими инфекциями;
- шунт-инфекции в ряде случаев протекают практически бессимптомно вследствие низкой вирулентности микроорганизмов, вызывающих данное осложнение [50].

Анализ СМЖ состоит из трех основных звеньев: выделение возбудителя, клинические и биохимические исследования. К выделению возбудителя относятся бактериологический посев, бактериоскопия окрашенных по Граму ликворных мазков, полимеразно-цепная реакция (ПЦР) и латексная агглютинация антигенов. Клинический анализ включает подсчет и дифференцировку цитоза. Биохимический анализ основан на определении в СМЖ глюкозы, соотношения глюкоза СМЖ/глюкоза крови, белка и лактата.

Бактериологический посев СМЖ является важнейшим исследованием, позволяющим не только выделить возбудитель, верифицировав диагноз НМ, но и определить чувствительность к антибиотикам. Результативность метода во многом определяется преаналитическим этапом – условиями сбора, хранения и транспортировки образцов в лабораторию, а также антибактериальной терапией, предшествующей люмбальной пункции. Принято считать, что после приема антибиотиков частота выявления роста культуры в ликворе снижается на 10–40%, снижение более выражено в случае парентерального введения антибиотика, и если после введения прошло более 24 часов. В исследовании Т. Rogers et al. (2019) чувствительность посева СМЖ после любого приема антибиотика снижалась с 66,1 до 48,5% у пациентов с менингитами и вентрикулитами, связанными с оказанием медицинской помощи [43]. В отличие от диагностики внебольничных менингитов, посев крови не является обязательным исследованием при подозрении на НМ. Гемокультуру рекомендовано определять у пациентов с вентрикуло-атриальными шунтами, у них положительные посевы крови обнаруживают более чем в 90% случаев [50].

Бактериоскопия окрашенных по Граму мазков СМЖ – быстрый и дешевый метод, обладающий прекрасной специфичностью и вариабельной чувствительностью в зависимости от микроорганизма. Результативность возрастает при увеличении микробной нагрузки. Бактериоскопия может быть позитивной при отрицательном посеве, чувствительность метода при антибактериальной терапии снижается. В исследовании Т. Rogers et al. введение антибиотиков до люмбальной пункции снижало чувствительность бактериоскопии с 25,7 до 13,4% [43].

ПЦР позволяет значительно сократить время получения результата и может использоваться у пациентов, получавших антибактериальную терапию в течение нескольких дней, так как для данного метода не требуется наличие жизнеспособного возбудителя в образце, достаточно фрагментов его генетического материала. Долгое время ПЦР рассматривали как дополнительный метод диагностики у пациентов с отрицательными посевами и бактериоскопией, но в клинических рекомендациях Американского общества по инфекционным болезням (IDSA) по диагностике и лечению менингитов и вентрикулитов, связанных с оказанием медицинской помощи, опубликованных в 2017 г., ПЦР называют одним из основных диагностических механизмов наравне с культуральными методами [10, 18, 19, 41, 50].

Латексная агглютинация основана на использовании антител против капсульных полисахаридов бактерий. Метод прост для выполнения, не требует специального оборудования, позволяет получить результат в течение нескольких минут. Однако чувствительность латекс-агглютинации очень вариабельна в зависимости от возбудителя и в случае применения антибактериальной терапии. Другим недостатком метода является высокая частота ложноположительных результатов. В международных рекомендациях по НМ этот метод не упоминается.

Классические изменения в анализе СМЖ при бактериальном менингите включают нейтрофильный плеоцитоз, повышение белка и лактата и снижение глюкозы (соотношения глюкоза СМЖ/глюкоза крови) [12, 54]. Плеоцитоз в первые часы появления симптомов может отсутствовать, поскольку для миграции лейкоцитов в ликворное пространство обычно требуется от 12 до 15 часов. Изменение биохимических показателей может быть также отсроченным, как правило, повторное исследование СМЖ спустя 24 часа демонстрирует лабораторные проявления менингита. При начале эффективной антибактериальной терапии в первые сутки может происходить увеличение количества лейкоцитов в СМЖ вследствие усиления воспалительной реакции на бактериальный лизис. Выраженность изменений в СМЖ зависит от патогена, при НМ, вызванных грамотрицательными микроорганизмами, цитоз, лактат и глюкоза меняются более значительно, чем при менингитах, вызванных коагулазонегативными стафилококками [11, 25, 44]. Отдельную сложность представляет верификация менингитов

у иммуносупрессированных больных, в том числе в результате проводимой химио- или лучевой терапии, изменения в анализе СМЖ у них могут быть минимальными или оставаться в пределах нормальных значений при доказанном бактериальном или грибковом возбудителе.

В большинстве рекомендаций точные лабораторные критерии диагноза НМ отсутствуют, что объясняется вариабельностью сдвигов, зависящих от микроорганизма, вызвавшего инфекцию, и от индивидуальных особенностей пациента, а также многообразием клинических ситуаций. Согласно обновленным рекомендациям центров по контролю и профилактике заболеваний CDC от 2024 г. для диагноза необходим положительный посев или некультуральная диагностика патогена в СМЖ, или сочетание минимум двух клинических (температура выше 38°C или головная боль, менингеальные симптомы, головокружение, поражение черепно-мозговых нервов или изменение уровня сознания) и одного лабораторного критерия: а) повышение числа лейкоцитов, уровня белка и/или снижение уровня глюкозы в СМЖ; б) выявление возбудителя при микроскопии окрашенных по Граму ликворных мазков; в) рост микроорганизмов из посева крови или некультуральная верификация патогена вне скрининга; г) диагностическое повышение титра IgM или четырехкратное повышение титра IgG для патогена [19].

Согласно рекомендациям IDSA 2017 г., результаты исследования СМЖ трактуются следующим образом:

- плеоцитоз в сочетании с положительным посевом и клиническими признаками инфекции указывает на развитие НМ;
- гипогликорахия и гиперпротеинария позволяют предположить развитие менингита;
- рост микроорганизма, часто являющегося контаминантом (например, коагулазонегативные стафилококки), только на среде с обогащением или только в одном из нескольких посевов у пациентов с нормальными показателями СМЖ и отсутствием лихорадки не является основанием для диагноза;
- выделение нескольких микроорганизмов из одного посева СМЖ у пациентов без признаков инфекции или плеоцитоза может указывать на контаминацию;
- рост в посевах СМЖ *Staphylococcus aureus*, грамотрицательных бактерий или грибов указывает на инфекцию;
- отклонение от нормальных значений плеоцитоза, уровня глюкозы и/или белка в СМЖ может отражать не наличие инфекции у пациентов с НМ и вентрикулитами, а являться проявлением основного заболевания или проведенного нейрохирургического вмешательства;
- нормальные значения плеоцитоза, уровня глюкозы и/или белка в СМЖ не могут служить основанием для исключения инфекции, поскольку возбудители зачастую маловирулентны;

– отрицательный результат бактериоскопии окрашенных по Граму ликворных мазков не исключает наличие инфекционного процесса, особенно у пациентов, получавших антимикробную терапию [50].

Для верификации менингита или вентрикулита, ассоциированного с имплантируемыми устройствами, наиболее важным диагностическим методом является посев СМЖ, однако отрицательный результат не исключает диагноз. Культуральное исследование следует повторить при сохраняющемся подозрении на инфекцию. Отклонения от нормальных значений лабораторных показателей не обязательно указывают на инфекцию и могут быть обусловлены основным заболеванием, по поводу которого был установлен шунт или дренаж (например, САК или внутрижелудочковое кровоизлияние). Нормальный анализ СМЖ не исключает менингит. Возбудители инфекций, связанных с шунтами и дренажами, такие как коагулазонегативные стафилококки и *Propionibacterium acnes*, являются маловирулентными, могут вызывать только минимальное воспаление и иногда реализуют свою патогенность лишь в присутствии инородного материала. Часто имеет место только механическая блокада как результат образования биопленок на поверхности или в просвете катетера.

В диагностике шунт-инфекций выделение возбудителя очень важно, но однократный положительный посев при отсутствии клинических и лабораторных признаков рассматривают как контаминацию. Повторное выделение идентичного микроорганизма в большинстве случаев указывает на инфекцию. В рекомендациях IDSA не приводятся числовые критерии воспаления в ликворопроводящих путях [50]. Некоторые авторы предлагают диагностировать шунт-инфекцию при положительном посеве и клинических проявлениях уже при цитозе выше 10 кл./мкл или соотношении глюкозы СМЖ к глюкозе крови ниже 0,4 [47]. Низкий цитоз, достаточный для подтверждения шунт-инфекции, обусловлен малой вирулентностью этиологического агента.

Для инфекций, ассоциированных с наружным вентрикулярным дренажом, в 2002 г. была предложена классификационная система, которая является достаточно удобной, и с небольшими модификациями используется большинством экспертов:

- 1) контаминация – однократное выделение микроорганизма из СМЖ (посев или бактериоскопия по Граму) при нормальных значениях цитоза, глюкозы и белка в СМЖ и отсутствии клинических проявлений;
- 2) колонизация – многократные выделения микроорганизма из СМЖ (посев или бактериоскопия) при отсутствии клинических и лабораторных проявлений;
- 3) подозреваемая инфекция – плеоцитоз и/или снижение глюкозы и/или увеличение белка в СМЖ с клиническими проявлениями, но с отрицательными посевами (или бактериоскопией);
- 4) подтвержденная инфекция – плеоцитоз и/или снижение глюкозы и/или увеличение белка в СМЖ

с клиническими проявлениями и с положительными посевами (или бактериоскопией) [30].

На основе этой классификации были предложены критерии вентрикулита, связанного с наружным дренажем, которые привлекательны наличием числовых пороговых значений:

1) возможный вентрикулит – прогрессирующее повышение клеточного индекса (рассчитывается с использованием количества лейкоцитов и эритроцитов в крови) или прогрессирующее снижение соотношения глюкозы ликвора / крови или плеоцитоз > 1000 кл/мкл или соотношение глюкозы СМЖ к глюкозе крови $< 0,2$, с характерными клиническими симптомами, но отрицательные посева СМЖ или бактериоскопия по Граму;

2) вероятный вентрикулит – положительные посева или бактериоскопия с клиническими симптомами, лабораторные проявления недостаточно выражены (плеоцитоз ниже 1000 кл/мкл или соотношение глюкозы СМЖ к глюкозе крови $> 0,2$);

3) доказанный вентрикулит – прогрессирующее повышение клеточного индекса или прогрессирующее снижение Глю_{лик} / Глю_{кровь} или плеоцитоз > 1000 кл/мкл или соотношение глюкозы СМЖ к глюкозе крови $< 0,2$ с клиническими симптомами и положительными посевами (или бактериоскопией).

Для диагностики дренаж-ассоциированного вентрикулита или менинговентрикулита предложен расчетный показатель – клеточный индекс, позволяющий устранить вклад лейкоцитов, привнесенных с периферической кровью, в воспалительный процесс в субарахноидальном пространстве [37]. Способ основан на предположении, что соотношение лейкоцитов и эритроцитов в кровянистом ликворе примерно пропорционально соотношению в крови, поэтому необходимы данные клинического анализа крови:

Клеточный индекс = (лейкоциты в СМЖ / эритроциты в СМЖ) : (лейкоциты в крови / эритроциты в крови).

Диагностическая точность и точка отсечения различаются в зависимости от исследуемой популяции, предлагаемые значения для клеточного индекса составляют от 2 до 10,4; в среднем клеточный индекс выше 5 предполагает наличие дренаж-ассоциированной инфекции [12, 28].

Существует большое количество работ, приводящих пороговые значения тех или иных показателей для диагностики НМ, к сожалению, их диапазон достаточно широк. В исследовании G. Sundbärg et al. (1988) для диагноза НМ требовалось сочетание положительного посева СМЖ, плеоцитоза (не менее 11000 кл/мкл и не менее 50% нейтрофилов) и клинических симптомов [47]. В публикации P. Fogacs et al. (2001) для подтверждения менингита после нейрохирургического вмешательства, ЧМТ или внутричерепного кровоизлияния количество лейкоцитов в СМЖ должно превышать 7500 кл/мкл или концентрация глюкозы в ликворе должна снижаться ниже 10 мг/дл ($0,6$ ммоль/л) [13]. Согласно работе Y. M. Gozal et al. (2014), критерием

менингита может являться уровень глюкозы СМЖ меньше 50 мг/дл ($2,75$ ммоль/л) или соотношение глюкозы СМЖ к глюкозе крови $< 0,5$ с наличием клинической картины и положительного посева [16]. В литературе можно встретить рекомендуемые для подтверждения диагноза менингита значения цитоза от 64 до 11000 кл/мкл, глюкозы от $0,6$ ммоль/л до $2,75$ ммоль/л, лактата от $3,8$ ммоль/л до $4,45$ ммоль/л [1, 11, 13, 16, 17, 54].

По данным НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко [2], диагноз НМ у нейрохирургических пациентов наиболее вероятен при:

- концентрации глюкозы в ликворе $< 2,6$ ммоль/л;
- соотношении глюкозы в СМЖ к глюкозе крови $< 0,45$;
- концентрации лактата в ликворе $> 4,2$ ммоль/л;
- цитозе > 65 кл/мкл.

Появление эпизодов гипонатриемии и гипертермии $\geq 38,0$ °C авторы рассматривают в качестве дополнительных критериев.

Дополнительным диагностическим критерием менингита является повышение системных провоспалительных маркеров, в первую очередь, лейкоцитов, СРБ и прокальцитонина [2]. Однако, если у пациента уже есть другие инфекции, заметных изменений может не произойти. Кроме того, у пациентов в хроническом критическом состоянии провоспалительный ответ может снижаться из-за длительного приема антимикробных препаратов и иммуносупрессии. Определение прокальцитонина для диагностики локальных инфекций, в том числе менингитов, является хорошим диагностическим инструментом только в случае его количественного анализа, так как полуколичественный вариант с пороговым уровнем $0,5$ нг/мл обладает недостаточной чувствительностью [3, 4].

НМ грибковой этиологии по своему клиническому течению и изменениям в анализе СМЖ очень сходны с бактериальными менингитами. Основными возбудителями являются грибы рода *Candida* или *Aspergillus*. Верификация проводится с помощью культурального исследования и микроскопии СМЖ. Дополнительным методом является определение в СМЖ полисахаридов клеточных стенок грибов: бета-D-глюкана, галактоманнана, маннана и антител к нему – антиманнана [50].

Дифференциальную диагностику бактериальных НМ обычно приходится проводить с асептическими менингитами. Ранее к ним относили и вирусный менингит. В настоящее время к асептическим менингитам относят воспаление менингеальных оболочек, вызванное только неинфекционными причинами (лекарственные препараты, продукты распада опухоли и клеток крови). Медикаментозные менингиты чаще всего обусловлены приемом нестероидных противовоспалительных средств (особенно ибупрофена), внутривенным введением иммуноглобулина, моноклональных антител и некоторых других препаратов. При попадании крови в субарахноидальное пространство воспаление вызывают продукты

распада крови. Поступление опухолевых и разрушенных клеток в ликворное пространство в результате нейрохирургического вмешательства, особенно при операциях на задней черепной ямке, также может спровоцировать возникновение менингита. При удалении холестеатом асептический менингит может быть вызван кристаллами холестерина при попадании кистозной жидкости в ликворное пространство. Совершенствование нейрохирургических методов в последние десятилетия привело к значительному снижению случаев асептических послеоперационных менингитов. По данным мета-анализа от 2023 г., объединенная частота асептических менингитов после планового внутричерепного вмешательства составила 3,2%. Изменения в анализе СМЖ при асептическом менингите схожи с бактериальным, но, как правило, менее выражены. Точные критерии, позволяющие различать менингиты различной этиологии, не определены [8].

Профилактика нозокомиальных менингитов строится на минимизации факторов риска, включает в себя мероприятия, направленные против эндогенного и экзогенного инфицирования, и может быть разделена на три этапа: предоперационная, интраоперационная и послеоперационная. Обязательным условием успешной профилактики нозокомиальных инфекций является строгое следование стандартным операционным процедурам (СОП) – инструкциям, разработанным в каждом медицинском учреждении для улучшения качества оказания медицинской помощи. Они представляют собой детальный алгоритм при проведении любой медицинской манипуляции. Основой профилактических мероприятий является неукоснительное соблюдение правил асептики при инвазивных процедурах, качественная стерилизация инструментов, использование одноразового инструментария и стерильного перевязочного материала, контроль на наличие у медперсонала гнойничковых инфекций кожи или носительства метициллинрезистентных штаммов золотистого стафилококка.

Предоперационные методы профилактики инфекционных осложнений в нейрохирургии включают санацию воспалительных кожных заболеваний в области операционного вмешательства; гигиенический душ и санитарную обработку кожного покрова антисептиками, не содержащими спиртов, обладающими моющим эффектом, накануне операции; удаление волос (в случае необходимости) непосредственно перед операцией с помощью хирургических клиперов; обработку кожи в месте разреза хлоргексидином или йодсодержащим раствором.

Во время операции рекомендовано: сведение к минимуму кровопотери; применение щадящей хирургической тактики; минимизацию количества персонала, находящегося в операционной; максимальное сокращение времени оперативного вмешательства; профилактику гипотермии (если оно не требуется в индивидуальном случае); использование двух пар

хирургических перчаток; орошение операционного поля подогретым стерильным физиологическим раствором; выполнение тщательного гемостаза, чтобы избежать гематом в операционной ране; тщательное ушивание твердой мозговой оболочки для предотвращения ликвореи [18, 21, 35].

При установке имплантируемых устройств хирургическая тактика должна быть направлена на минимизацию мануального контакта с устройством и преимущественное использование устройств, импрегнированных антибиотиками или серебром. Катетеры, пропитанные антибиотиками, содержат препараты, в основном направленные против грамположительных бактерий. Катетеры, импрегнированные серебром, обладают антимикробным действием, в основе которого лежит разрушение микробных белков и изменение проницаемости клеточной мембраны бактерий. Несмотря на снижение частоты инфекций, ассоциированных с имплантируемыми системами при использовании подобных катетеров, есть данные об отсроченных инфекциях, что может быть связано с ограниченной продолжительностью их антимикробной активности [26].

После операции решающее значение принадлежит защите операционной раны: осмотр повязки, смена при промокании, избегание давления на рану, тщательное соблюдение правил асептики и антисептики при любом контакте с местом хирургического вмешательства. Необходима обработка кожного покрова несколько раз в сутки кожным антисептиком сверху вниз, со сменой салфетки на каждую область тела, гигиена полости рта, ежедневная (и при необходимости) смена постельного белья, регулярная гигиеническая обработка рук персонала, дезинфекция всех поверхностей и оборудования. Рекомендовано использование замкнутого дыхательного контура у больных на ИВЛ для предотвращения аутоконтаминации из дыхательных путей и закрытых аспирационных систем для отведения стула у пациентов с диареей. Важную роль в послеоперационной профилактике играет своевременная изоляция больных с выделенными карбапенемазопродуцирующими грамотрицательными бактериями с фенотипами множественной или панрезистентности к антибиотикам [1].

При наличии наружных вентрикулярных или люмбальных дренажей смена мешка и забор СМЖ для исследования должны осуществляться только при необходимости и только нейрохирургом. В ряде работ было показано, что ежедневный культуральный и клинический анализ СМЖ не позволял обнаружить инфекцию до появления клинических симптомов, а снижение частоты взятия СМЖ с ежедневного до одного раза в три дня в 1,5–2 раза снижало частоту развития дренаж-ассоциированных вентрикулитов. Наружный дренаж должен незамедлительно удаляться, когда необходимость в нем исчезает, но профилактическая замена катетера через установленный интервал не рекомендована [26, 39, 49, 50].

Периоперационная антибактериальная профилактика снижает частоту послеоперационных НМ и частоту инфекций, ассоциированных с наружным вентрикулярным дренажом. В обзоре Кохрейновской базы данных Ratilal показано существенное преимущество периоперационной антибактериальной профилактики при шунтирующих операциях [42]. Вероятно, эти результаты могут быть экстраполированы и на наружные вентрикулярные и люмбальные дренажи. Выбор профилактического антибактериального препарата должен соответствовать профилю местной чувствительности, наличию аллергий, предшествующей истории оперативных вмешательств. Преимущественно используют препараты, защищающие от инфицирования флорой с кожного покрова. Важное значение имеет время введения антибактериального препарата для создания максимальной подавляющей концентрации: для цефалоспоринов 1–2 поколения это 30–40 мин до хирургического разреза, для ванкомицина – 60 мин. В литературе нет единого мнения о наиболее эффективном режиме и длительности периоперационной антибактериальной профилактики. В исследованиях, сравнивающих показатели инфицирования групп с длительной и короткой антибиотикопрофилактикой, достоверной разницы получено не было. W. S. Poon et al. (1998) обследовали 228 пациентов, частота дренаж-ассоциированной инфекции была значительно снижена продлением антибиотикопрофилактики до тех пор, пока сохранялся наружный вентрикулярный дренаж в сравнении с группой периоперационной антибактериальной профилактики: 3% против 11%. Однако этот режим привел к выделению резистентных и условно-патогенных микроорганизмов, таких как *Candida* и метициллинрезистентный золотистый стафилококк (*Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* – MRSA) [33, 40]. В исследовании, сравнивающем катетеры, пропитанные антибиотиками, с обычными катетерами в сочетании с длительной

антибиотикопрофилактикой, количество пневмоний, инфекций мочевыводящих путей и сепсиса статистически не различалось, в группе длительной антибиотикопрофилактики были выявлены случаи псевдомембранозного колита [52]. Есть данные о снижении частоты инфекций, связанных с наружным вентрикулярным дренажом, при введении 10 мг амикацина в вентрикулярный дренаж за час до его удаления (1,4% против 9,2% и 7,2%) [7].

Заключение

Послеоперационные инфекционные осложнения в нейрохирургии остаются до конца не решенной проблемой. Сложности диагностики НМ и вентрикулитов определяются особенностями возбудителей, анатомии ЦНС, наличием гистогематических барьеров, собственных иммунокомпетентных клеток. В послеоперационном периоде классические клинические проявления менингита и вентрикулита (головная боль, нарушения сознания, менингеальная симптоматика) теряют свою высокую чувствительность и специфичность. Системная воспалительная реакция может быть не выраженной или обусловленной иными послеоперационными инфекционными осложнениями. В связи с этим на первый план выходит клиническое, биохимическое, микробиологическое исследование СМЖ. Однако активация микроглии в ответ на оперативное вмешательство, попадание крови в субарахноидальное пространство и желудочковую систему приводит к изменениям СМЖ при отсутствии инфекционного возбудителя. Несмотря на значительное число работ, посвященных диагностике НМ, идеальные маркеры, обладающие высокой чувствительностью и специфичностью, до сих пор не определены. Учитывая высокую заболеваемость и смертность от послеоперационных внутричерепных осложнений, проблема ранней их диагностики и профилактики представляется крайне актуальной, нуждающейся в дальнейшем изучении.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors states that he has no conflict of interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдюмова Н. В., Савин И. А., Ершова О. Н. и др. Факторы риска развития нозокомиальных менингитов у пациентов нейрохирургического профиля в отделении реанимации и интенсивной терапии. Результаты пятилетнего проспективного исследования // Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. – 2021. – Т. 85, № 6. – С. 83–91. <http://doi.org/10.17116/neiro20218506183>.
2. Курдюмова Н. В., Усачев Д. Ю., Савин И. А. и др. Критерии лабораторной диагностики нозокомиального менингита у пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии.

REFERENCES

1. Kurdyumova N. V., Savin I. A., Ershova O. N. et al. Risk factors of nosocomial meningitis in neurological intensive care unit. Results of a five-year prospective study. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*, 2021, vol. 85, no. 6, pp. 83–91. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20218506183>.
2. Kurdyumova N. V., Usachev D. Yu., Savin I. A. et al. Nosocomial meningitis laboratory criteria in ICU patients: 5-year surveillance. *Messenger of Anesthesia and Resuscitation*.

- нимации и интенсивной терапии. Опыт пятилетнего проспективного наблюдения // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 5. – С. 47–56. <http://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-5-47-56>.
3. Berger C., Schwarz S., Schaebitz W. R. et al. Serum procalcitonin in cerebral ventriculitis // *Crit Care Med.* – 2002. – Vol. 30, № 8. – P. 1778–1781. <http://doi.org/10.1097/00003246-200208000-00017>.
4. Biasucci D. G., Sergi P. G., Bilotta F. et al. Diagnostic accuracy of procalcitonin in bacterial infections of the CNS: an updated systematic review, meta-analysis, and meta-regression // *Critical Care Medicine.* – 2024. – Vol. 52, № 1. – P. 112–124. <http://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006017>.
5. Bischoff P., Schröder C., Gastmeier P. et al. Surveillance of external ventricular drainage-associated meningitis and ventriculitis in German intensive care units // *Infect Control Hosp Epidemiol.* – 2020. – Vol. 41, № 4. – P. 452–457. <http://doi.org/10.1017/ice.2019.367>.
6. Canadian nosocomial infection surveillance program // Device and surgical procedure-related infections in Canadian acute care hospitals, 2018–2022 // *Can Commun Dis Rep.* – 2024. – Vol. 50, № 6. – P. 197–210. <http://doi.org/10.14745/ccdr.v50i06a03>.
7. Champey J., Mourey C., Francony G. et al. Strategies to reduce external ventricular drain-related infections: a multicenter retrospective study // *Journal of Neurosurgery JNS.* – 2019. – Vol. 130, № 6. – P. 2034–2039. <http://doi.org/10.3171/2018.1.JNS172486>.
8. Chojak R., Koźba-Gosztyła M., Gaik M. et al. Meningitis after elective intracranial surgery: a systematic review and meta-analysis of prevalence // *Eur J Med Res.* – 2023. – Vol. 28, № 1. – P. 184. <http://doi.org/10.1186/s40001-023-01141-3>.
9. Corona-Nakamura A. L., Arias-Merino M. J., Ávila-Esparza E. I. et al. Ventriculitis due to multidrug-resistant gram-negative bacilli associated with external ventricular drain: evolution, treatment, and outcomes // *Front Neurol.* – 2024. – Vol. 15. – 1384206. <http://doi.org/10.3389/fneur.2024.1384206>.
10. Deutch S., Dahlberg D., Hedegaard J. et al. Diagnosis of ventricular drainage-related bacterial meningitis by broad-range real-time polymerase chain reaction // *Neurosurgery.* – 2007. – Vol. 61, № 2. – P. 306–311. <http://doi.org/10.1227/01.NEU.0000255526.34956.E4>.
11. Djukic M., Lange P., Erbguth F. et al. Spatial and temporal variation of routine parameters: pitfalls in the cerebrospinal fluid analysis in central nervous system infections // *J Neuroinflammation.* – 2022. – Vol. 19, № 1. – P. 174. <http://doi.org/10.1186/s12974-022-02538-3>.
12. Dorresteijn K. R. I. S., Verheul R. J., Ponjee G. A. E. et al. Diagnostic accuracy of clinical signs and biochemical parameters for external ventricular CSF catheter-associated infection // *Neurol Clin Pract.* – 2022. – Vol. 12, № 4. – P. 298–306. <http://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000200059>.
13. Forgacs P., Geyer C. A., Freidberg S. R. Characterization of chemical meningitis after neurologic surgery // *Clin Infect Dis.* – 2001. – Vol. 32, № 2. – P. 179–185. <http://doi.org/10.1086/318471>.
14. Gallivan M., Murray E., Harriman K. et al. Association of Streptococcus pneumoniae meningitis after head injury or brain surgery – California, 2013–2014 // *Open Forum Infectious Diseases.* – 2015. – Vol. 2, Issue suppl 1. – P. 1896. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofv133.1443>.
15. Gordon C. L., Tokarz R., Briese T. et al. Evaluation of a multiplex polymerase chain reaction for early diagnosis of ventriculostomy-related infections // *J Neurosurg.* – 2015. – Vol. 123, № 6. – P. 1586–1592. <http://doi.org/10.3171/2014.11.JNS141036>.
16. Gozal Y. M., Farley C. W., Hanseman D. J. Ventriculostomy-Associated Infection: A New, Standardized Reporting Definition and Institutional Experience // *Neurocrit Care.* – 2014. – Vol. 21. – P. 147–151. <http://doi.org/10.1007/s12028-013-9936-9>.
17. Hasbun R. Central nervous system device infections // *Curr Infect Dis Rep.* – 2016. – Vol. 18, № 11. – P. 34. <http://doi.org/10.1007/s11908-016-0541-x/>
18. Hasbun R. Healthcare-associated ventriculitis: current and emerging diagnostic and treatment strategies // *Expert Rev Anti Infect Ther.* – 2021. – Vol. 19, № 8. – P. 993–999. <http://doi.org/10.1080/14787210.2021.1866544>.
19. CDC/NHSN Surveillance Definitions for Specific Types of Infections. URL: https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/17pscnosindef_current.pdf (accessed: 20.04.2025).
20. Jones S. R., Luby J. P., Sanford J. P. Bacterial meningitis complicating cranial-spinal trauma // *J Trauma.* – 1973. – Vol. 13, № 10. – P. 895–900. PMID: 4147546.
21. Karvouniaris M., Brotis A., Tsiakos K. et al. Current perspectives on the diagnosis and management of healthcare-associated ventriculitis and meningitis // *Infect Drug Resist.* – 2022. – Vol. 15. – P. 697–721. <http://doi.org/10.2147/IDR.S326456>.
22. Kim J., Lee J., Feng R. et al. Ventricular catheter tract hemorrhage as a risk factor for ventriculostomy-related infection // *Oper Neurosurg (Hagerstown).* – 2020. – Vol. 18, № 1. – P. 69–74. <http://doi.org/10.1093/ons/opz148>.
23. Berger C., Schwarz S., Schaebitz W. R. et al. Serum procalcitonin in cerebral ventriculitis. *Crit Care Med.* 2002, vol. 30, no. 8, pp. 1778–1781. <http://doi.org/10.1097/00003246-200208000-00017>.
24. Biasucci D. G., Sergi P. G., Bilotta F. et al. Diagnostic accuracy of procalcitonin in bacterial infections of the CNS: an updated systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Critical Care Medicine*, 2024, vol. 52, no. 1, pp. 112–124. <http://doi.org/10.1097/CCM.0000000000006017>.
25. Bischoff P., Schröder C., Gastmeier P. et al. Surveillance of external ventricular drainage-associated meningitis and ventriculitis in German intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2020, vol. 41, no. 4, pp. 452–457. <http://doi.org/10.1017/ice.2019.367>.
26. Canadian nosocomial infection surveillance program. Device and surgical procedure-related infections in Canadian acute care hospitals, 2018–2022. *Can Commun Dis Rep*, 2024, vol. 50, no. 6, pp. 197–210. <http://doi.org/10.14745/ccdr.v50i06a03>.
27. Champey J., Mourey C., Francony G. et al. Strategies to reduce external ventricular drain-related infections: a multicenter retrospective study. *Journal of Neurosurgery JNS*, 2019, vol. 130, no. 6, pp. 2034–2039. <http://doi.org/10.3171/2018.1.JNS172486>.
28. Chojak R., Koźba-Gosztyła M., Gaik M. et al. Meningitis after elective intracranial surgery: a systematic review and meta-analysis of prevalence. *Eur J Med Res*, 2023, vol. 28, no. 1, pp. 184. <http://doi.org/10.1186/s40001-023-01141-3>.
29. Corona-Nakamura A. L., Arias-Merino M. J., Ávila-Esparza E. I. et al. Ventriculitis due to multidrug-resistant gram-negative bacilli associated with external ventricular drain: evolution, treatment, and outcomes. *Front Neurol*, 2024, vol. 15, 1384206. <http://doi.org/10.3389/fneur.2024.1384206>.
30. Deutch S., Dahlberg D., Hedegaard J. et al. Diagnosis of ventricular drainage-related bacterial meningitis by broad-range real-time polymerase chain reaction. *Neurosurgery*, 2007, vol. 61, no. 2, pp. 306–311. <http://doi.org/10.1227/01.NEU.0000255526.34956.E4>.
31. Djukic M., Lange P., Erbguth F. et al. Spatial and temporal variation of routine parameters: pitfalls in the cerebrospinal fluid analysis in central nervous system infections. *J Neuroinflammation*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 174. <http://doi.org/10.1186/s12974-022-02538-3>.
32. Dorresteijn K. R. I. S., Verheul R. J., Ponjee G. A. E. et al. Diagnostic accuracy of clinical signs and biochemical parameters for external ventricular CSF catheter-associated infection. *Neurol Clin Pract*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 298–306. <http://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000200059>.
33. Forgacs P., Geyer C. A., Freidberg S. R. Characterization of chemical meningitis after neurologic surgery. *Clin Infect Dis*, 2001, vol. 32, no. 2, pp. 179–185. <http://doi.org/10.1086/318471>.
34. Gallivan M., Murray E., Harriman K. et al. Association of Streptococcus pneumoniae meningitis after head injury or brain surgery – California, 2013–2014. *Open Forum Infectious Diseases*, 2015, vol. 2, Issue suppl 1, pp. 1896. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofv133.1443>.
35. Gordon C. L., Tokarz R., Briese T. et al. Evaluation of a multiplex polymerase chain reaction for early diagnosis of ventriculostomy-related infections. *J Neurosurg*, 2015, vol. 123, no. 6, pp. 1586–1592. <http://doi.org/10.3171/2014.11.JNS141036>.
36. Gozal Y. M., Farley C. W., Hanseman D. J. Ventriculostomy-Associated Infection: A New, Standardized Reporting Definition and Institutional Experience. *Neurocrit Care*, 2014, vol. 21, pp. 147–151. <http://doi.org/10.1007/s12028-013-9936-9>.
37. Hasbun R. Central nervous system device infections. *Curr Infect Dis Rep*, 2016, vol. 18, no. 11, pp. 34. <http://doi.org/10.1007/s11908-016-0541-x/>
38. Hasbun R. Healthcare-associated ventriculitis: current and emerging diagnostic and treatment strategies. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 2021, vol. 19, no. 8, pp. 993–999. <http://doi.org/10.1080/14787210.2021.1866544>.
39. CDC/NHSN Surveillance Definitions for Specific Types of Infections. URL: https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/17pscnosindef_current.pdf (accessed: 20.04.2025).
40. Jones S. R., Luby J. P., Sanford J. P. Bacterial meningitis complicating cranial-spinal trauma. *J Trauma*, 1973, vol. 13, no. 10, pp. 895–900. PMID: 4147546.
41. Karvouniaris M., Brotis A., Tsiakos K. et al. Current perspectives on the diagnosis and management of healthcare-associated ventriculitis and meningitis. *Infect Drug Resist*, 2022, vol. 15, pp. 697–721. <http://doi.org/10.2147/IDR.S326456>.
42. Kim J., Lee J., Feng R. et al. Ventricular catheter tract hemorrhage as a risk factor for ventriculostomy-related infection. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 69–74. <http://doi.org/10.1093/ons/opz148>.

23. Kim M., Choi J. H., Park J. C. et al. Ventriculoperitoneal shunt infection and malfunction in adult patients: incidence, risk factors, and long-term follow-up of single institution experience // *Neurosurg Rev.* – 2024. – Vol. 47, № 1. – P. 269. <http://doi.org/10.1007/s10143-024-02505-x>.
24. Kourbeti I. S., Vakis A. F., Ziakas P. et al. Infections in patients undergoing craniotomy: risk factors associated with post-craniotomy meningitis // *J Neurosurg.* – 2015. – Vol. 122, № 5. – P. 1113–119. <http://doi.org/10.3171/2014.8.JNS132557>.
25. Kurtaran B., Kusu F., Ulu A. et al. The causes of postoperative meningitis: the comparison of gram-negative and gram-positive pathogens // *Turk Neurosurg.* – 2018. – Vol. 28, № 4. – P. 589–596. <http://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.20575-17.1>.
26. Lele A. V., Hoefnagel A. L., Schloerker N. et al. Representing SNACC task force for developing guidelines for perioperative management of external ventricular and lumbar drains: perioperative management of adult patients with external ventricular and lumbar drains: guidelines from the society for neuroscience in anesthesiology and critical care // *J Neurosurg Anesthesiol.* – 2017. – Vol. 29, № 3. – P. 191–210. <http://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000407>.
27. Levin S., Nelson K. E., Spies H. W. et al. Pneumococcal meningitis: the problem of the unseen cerebrospinal fluid leak // *Am J Med Sci.* – 1972. – Vol. 264, № 4. – P. 319–327. <http://doi.org/10.1097/00000441-197210000-00010>.
28. Liew S., Richards S., Ho K. M. et al. Utility of the cell index in predicting external ventricular drain-related ventriculo-meningitis // *Neurocrit Care.* – 2020. – Vol. 33, № 3. – P. 776–784. <http://doi.org/10.1007/s12028-020-00964-w>.
29. Lilley D., Munthali P. Analysis of the management of ventriculitis cases at a UK neurosurgery centre // *Infect Prev Pract.* – 2022. – Vol. 4, № 4. – P. 100240. <http://doi.org/10.1016/j.infpip.2022.100240>.
30. Lozier A. P., Sciacca R. R., Romagnoli M. F. et al. Ventriculostomy-related infections: a critical review of the literature // *Neurosurgery.* – 2002. – Vol. 51, № 1. – P. 170–181. <http://doi.org/10.1097/00006123-200207000-00024>.
31. Luque-Paz D., Revest M., Eugène F. et al. Ventriculitis: a severe complication of central nervous system infections // *Open Forum Infect. Dis.* – 2021. – Vol. 8, № 6. – ofab216. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofab216>.
32. Merkler A. E., Chang J., Parker W. E. et al. The rate of complications after ventriculoperitoneal shunt surgery // *World Neurosurg.* – 2017. – Vol. 98. – P. 654–658. <http://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.136>.
33. Murphy R. K. J., Liu B., Srinath A. et al. No additional protection against ventriculitis with prolonged systemic antibiotic prophylaxis for patients treated with antibiotic-coated external ventricular drains // *J Neurosurg.* – 2015. – Vol. 122, № 5. – P. 1120–1126. <http://doi.org/10.3171/2014.9.JNS132882>.
34. Omar A. S., El Shawarby A., Singh R. Early monitoring of ventriculostomy-related infections with procalcitonin in patients with ventricular drains // *J Clin Monit Comput.* – 2015. – № 29. – P. 759–765. <http://doi.org/10.1007/s10877-015-9663-1>.
35. Pahwa B., Das S., Singh G. et al. Association of predictive factors and neurosurgical postoperative infections: A retrospective analysis // *Clin Neurol Neurosurg.* – 2023. – Vol. 232. – P. 107880. <http://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107880>.
36. Panic H., Gjurasin B., Santini M. et al. Etiology and outcomes of healthcare-associated meningitis and ventriculitis-a single center cohort study // *Infect Dis Rep.* – 2022. – Vol. 14, № 3. – P. 420–427. <http://doi.org/10.3390/idr1403004>.
37. Pfäusler B., Beer R., Engelhardt K. et al. Cell index – a new parameter for the early diagnosis of ventriculostomy (external ventricular drainage) – related ventriculitis in patients with intraventricular hemorrhage? // *Acta Neurochir (Wien).* – 2004. – Vol. 146, № 5. – P. 477–81. <http://doi.org/10.1007/s00701-004-0258-8>.
38. Pietrzko E., Bögli S., Frick K. et al. Broad range eubacterial polymerase chain reaction of cerebrospinal fluid reduces the time to exclusion of and costs associated with ventriculostomy-related infection in hemorrhagic stroke // *Neurocrit Care.* – 2024. – Vol. 40, № 3. – P. 1109–1116. <http://doi.org/10.1007/s12028-023-01888-x>.
39. Ponnambath D. K., Divakar G., Mamachan J. et al. Epidemiology, clinical profile, and outcomes of CSF-diversion catheter-related infections - Prospective cohort study results from a single quaternary neurosurgery referral centre // *Indian J Med Microbiol.* – 2024. – Vol. 48. – 100534. <http://doi.org/10.1016/j.ijmm.2024.100534>.
40. Poon W. S., Ng S., Wai S. CSF antibiotic prophylaxis for neurosurgical patients with ventriculostomy: a randomised study // *Acta Neurochir Suppl.* – 1998. – Vol. 71. – P. 146–148. http://doi.org/10.1007/978-3-7091-6475-4_43.
41. Rath P.M., Schoch B., Adamzik M. et al. Value of multiplex PCR using cerebrospinal fluid for the diagnosis of ventriculostomy-related meningitis in neurosurgery patients // *Infection.* – 2014. – Vol. 42, № 4. – P. 621–627. <http://doi.org/10.1007/s15010-014-0590-8>.
23. Kim M., Choi J. H., Park J. C. et al. Ventriculoperitoneal shunt infection and malfunction in adult patients: incidence, risk factors, and long-term follow-up of single institution experience. *Neurosurg Rev*, 2024, vol. 47, no. 1, pp. 269. <http://doi.org/10.1007/s10143-024-02505-x>.
24. Kourbeti I. S., Vakis A. F., Ziakas P. et al. Infections in patients undergoing craniotomy: risk factors associated with post-craniotomy meningitis. *J Neurosurg*, 2015, vol. 122, no. 5, pp. 1113–119. <http://doi.org/10.3171/2014.8.JNS132557>.
25. Kurtaran B., Kusu F., Ulu A. et al. The causes of postoperative meningitis: the comparison of gram-negative and gram-positive pathogens. *Turk Neurosurg*, 2018, vol. 28, no. 4, pp. 589–596. <http://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.20575-17.1>.
26. Lele A. V., Hoefnagel A. L., Schloerker N. et al. Representing SNACC task force for developing guidelines for perioperative management of external ventricular and lumbar drains: perioperative management of adult patients with external ventricular and lumbar drains: guidelines from the society for neuroscience in anesthesiology and critical care. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2017, vol. 29, no. 3, pp. 191–210. <http://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000407>.
27. Levin S., Nelson K. E., Spies H. W. et al. Pneumococcal meningitis: the problem of the unseen cerebrospinal fluid leak. *Am J Med Sci*, 1972, vol. 264, no. 4, pp. 319–327. <http://doi.org/10.1097/00000441-197210000-00010>.
28. Liew S., Richards S., Ho K. M. et al. Utility of the cell index in predicting external ventricular drain-related ventriculo-meningitis. *Neurocrit Care*, 2020, vol. 33, no. 3, pp. 776–784. <http://doi.org/10.1007/s12028-020-00964-w>.
29. Lilley D., Munthali P. Analysis of the management of ventriculitis cases at a UK neurosurgery centre. *Infect Prev Pract*, 2022, vol. 4, no. 4, pp. 100240. <http://doi.org/10.1016/j.infpip.2022.100240>.
30. Lozier A. P., Sciacca R. R., Romagnoli M. F. et al. Ventriculostomy-related infections: a critical review of the literature. *Neurosurgery*, 2002, vol. 51, no. 1, pp. 170–181. <http://doi.org/10.1097/00006123-200207000-00024>.
31. Luque-Paz D., Revest M., Eugène F. et al. Ventriculitis: a severe complication of central nervous system infections. *Open Forum Infect. Dis.*, 2021, vol. 8, no. 6, ofab216. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofab216>.
32. Merkler A. E., Chang J., Parker W. E. et al. The rate of complications after ventriculoperitoneal shunt surgery. *World Neurosurg*, 2017, vol. 98, pp. 654–658. <http://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.136>.
33. Murphy R. K. J., Liu B., Srinath A. et al. No additional protection against ventriculitis with prolonged systemic antibiotic prophylaxis for patients treated with antibiotic-coated external ventricular drains. *J Neurosurg*, 2015, vol. 122, no. 5, pp. 1120–1126. <http://doi.org/10.3171/2014.9.JNS132882>.
34. Omar A. S., El Shawarby A., Singh R. Early monitoring of ventriculostomy-related infections with procalcitonin in patients with ventricular drains. *J Clin Monit Comput*, 2015, № 29, pp. 759–765. <http://doi.org/10.1007/s10877-015-9663-1>.
35. Pahwa B., Das S., Singh G. et al. Association of predictive factors and neurosurgical postoperative infections: A retrospective analysis. *Clin Neurol Neurosurg*, 2023, vol. 232, pp. 107880. <http://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107880>.
36. Panic H., Gjurasin B., Santini M. et al. Etiology and outcomes of healthcare-associated meningitis and ventriculitis-a single center cohort study. *Infect Dis Rep*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 420–427. <http://doi.org/10.3390/idr1403004>.
37. Pfäusler B., Beer R., Engelhardt K. et al. Cell index – a new parameter for the early diagnosis of ventriculostomy (external ventricular drainage) – related ventriculitis in patients with intraventricular hemorrhage? *Acta Neurochir (Wien)*, 2004, vol. 146, no. 5, pp. 477–81. <http://doi.org/10.1007/s00701-004-0258-8>.
38. Pietrzko E., Bögli S., Frick K. et al. Broad range eubacterial polymerase chain reaction of cerebrospinal fluid reduces the time to exclusion of and costs associated with ventriculostomy-related infection in hemorrhagic stroke. *Neurocrit Care*, 2024, vol. 40, no. 3, pp. 1109–1116. <http://doi.org/10.1007/s12028-023-01888-x>.
39. Ponnambath D. K., Divakar G., Mamachan J. et al. Epidemiology, clinical profile, and outcomes of CSF-diversion catheter-related infections - Prospective cohort study results from a single quaternary neurosurgery referral centre. *Indian J Med Microbiol*, 2024, vol. 48, 100534. <http://doi.org/10.1016/j.ijmm.2024.100534>.
40. Poon W. S., Ng S., Wai S. CSF antibiotic prophylaxis for neurosurgical patients with ventriculostomy: a randomised study. *Acta Neurochir Suppl*, 1998, vol. 71, pp. 146–148. http://doi.org/10.1007/978-3-7091-6475-4_43.
41. Rath P.M., Schoch B., Adamzik M. et al. Value of multiplex PCR using cerebrospinal fluid for the diagnosis of ventriculostomy-related meningitis in neurosurgery patients. *Infection*, 2014, vol. 42, no. 4, pp. 621–627. <http://doi.org/10.1007/s15010-014-0590-8>.

42. Ratilal B., Costa J., Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for surgical introduction of intracranial ventricular shunts // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2006. – Vol. 3. – CD005365. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD005365.pub2>.
43. Rogers T., Sok K., Erickson T. et al. Impact of antibiotic therapy in the microbiological yield of healthcare-associated ventriculitis and meningitis // *Open Forum Infect Dis.* – 2019. – Vol. 6, № 3. – P. ofz050. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofz050>.
44. Skar G. L., Synhorst D., Beaver M. et al. CSF inflammatory markers differ in gram-positive versus gram-negative shunt infections // *J Neuroinflammation.* – 2019. – Vol. 16, № 1. – P. 1. <http://doi.org/10.1186/s12974-019-1395-6>.
45. Sohn S.Y., Russell C.D., Jamjoom A.A.B. et al. Comparison of suspected and confirmed internal external ventricular drain-related infections: a prospective multicenter united kingdom observational study // *Open Forum Infect Dis.* – 2022. – Vol. 9, № 10. – P. 480. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofac480>.
46. Sun J., Shi Y., Ding Y. et al. Effect of follow-up cerebrospinal fluid cultures in post-neurosurgical patients' outcome with gram-negative bacterial meningitis/encephalitis // *Infect Drug Resist.* – 2023. – Vol. 16. – P. 6285–6295. <http://doi.org/10.2147/IDR.S425799>
47. Sundbärg G., Nordström C.H., Söderström S. Complications due to prolonged ventricular fluid pressure recording // *Br J Neurosurg.* – 1988. – Vol. 2, № 4. – P. 485–495. <http://doi.org/10.3109/02688698809029603>.
48. Sunwoo J.-S., Shin H.-R., Lee H. S. et al. A hospital-based study on etiology and prognosis of bacterial meningitis in adults // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11. – P. 6028. <http://doi.org/10.1038/s41598-021-85382-4>.
49. Sweid A., Weinberg J. H., Abbas R et al. Predictors of ventriculostomy infection in a large single-center cohort // *J Neurosurg.* – 2020. – Vol. 134, № 3. – P. 1218–1225. <http://doi.org/10.3171/2020.2.JNS192051>.
50. Tunkel A. R., Hasbun R., Bhimraj A. et al. 2017 Infectious diseases society of america's clinical practice guidelines for healthcare-associated ventriculitis and meningitis // *Clin Infect Dis.* – 2017. – Vol. 64, № 6. – P. 34–65. <http://doi.org/10.1093/cid/ciw861>.
51. Wang P., Luo S., Cheng S. et al. Construction and validation of infection risk model for patients with external ventricular drainage: a multicenter retrospective study // *Acta Neurochir (Wien).* – 2023. – Vol. 165, № 11. – P. 3255–3266. <http://doi.org/10.1007/s00701-023-05771-8>.
52. Wong G. K., Ip M., Poon W. S. et al. Antibiotics-impregnated ventricular catheter versus systemic antibiotics for prevention of nosocomial CSF and non-CSF infections: a prospective randomised clinical trial // *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* – 2010. – Vol. 81, № 10. – P. 1064–1067. <http://doi.org/10.1136/jnnp.2009.198523>.
53. Yaşar S., Kırık A. Older patients with intraventricular hemorrhage are prone to infection after external ventricular drainage // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* – 2020. – Vol. 26, № 6. – P. 870–874. <http://doi.org/10.14744/tjtes.2020.06159>.
54. Zheng G., Ji X., Yu X. et al. Development and verification of a discriminate algorithm for diagnosing post-neurosurgical bacterial meningitis – a multicenter observational study // *J Clin Lab Anal.* – 2020. – Vol. 34, № 2. – P. 23069. <http://doi.org/10.1002/jcla.23069>.
42. Ratilal B., Costa J., Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for surgical introduction of intracranial ventricular shunts. *Cochrane Database Syst Rev*, 2006, vol. 3, CD005365. <http://doi.org/10.1002/14651858.CD005365.pub2>.
43. Rogers T., Sok K., Erickson T. et al. Impact of antibiotic therapy in the microbiological yield of healthcare-associated ventriculitis and meningitis. *Open Forum Infect Dis*, 2019, vol. 6, no. 3, pp. ofz050. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofz050>.
44. Skar G. L., Synhorst D., Beaver M. et al. CSF inflammatory markers differ in gram-positive versus gram-negative shunt infections. *J Neuroinflammation*, 2019, vol. 16, no. 1, pp. 1. <http://doi.org/10.1186/s12974-019-1395-6>.
45. Sohn S.Y., Russell C.D., Jamjoom A.A.B. et al. Comparison of suspected and confirmed internal external ventricular drain-related infections: a prospective multicenter united kingdom observational study. *Open Forum Infect Dis*, 2022, vol. 9, no. 10, pp. 480. <http://doi.org/10.1093/ofid/ofac480>.
46. Sun J., Shi Y., Ding Y. et al. Effect of follow-up cerebrospinal fluid cultures in post-neurosurgical patients' outcome with gram-negative bacterial meningitis/encephalitis. *Infect Drug Resist*, 2023, vol. 16, pp. 6285–6295. <http://doi.org/10.2147/IDR.S425799>
47. Sundbärg G., Nordström C.H., Söderström S. Complications due to prolonged ventricular fluid pressure recording. *Br J Neurosurg*, 1988, vol. 2, no. 4, pp. 485–495. <http://doi.org/10.3109/02688698809029603>.
48. Sunwoo J.-S., Shin H.-R., Lee H. S. et al. A hospital-based study on etiology and prognosis of bacterial meningitis in adults. *Sci. Rep*, 2021, vol. 11, pp. 6028. <http://doi.org/10.1038/s41598-021-85382-4>.
49. Sweid A., Weinberg J. H., Abbas R et al. Predictors of ventriculostomy infection in a large single-center cohort. *J Neurosurg*, 2020, vol. 134, no. 3, pp. 1218–1225. <http://doi.org/10.3171/2020.2.JNS192051>.
50. Tunkel A. R., Hasbun R., Bhimraj A. et al. 2017 Infectious diseases society of america's clinical practice guidelines for healthcare-associated ventriculitis and meningitis. *Clin Infect Dis*, 2017, vol. 64, no. 6, pp. 34–65. <http://doi.org/10.1093/cid/ciw861>.
51. Wang P., Luo S., Cheng S. et al. Construction and validation of infection risk model for patients with external ventricular drainage: a multicenter retrospective study. *Acta Neurochir (Wien)*, 2023, vol. 165, no. 11, pp. 3255–3266. <http://doi.org/10.1007/s00701-023-05771-8>.
52. Wong G. K., Ip M., Poon W. S. et al. Antibiotics-impregnated ventricular catheter versus systemic antibiotics for prevention of nosocomial CSF and non-CSF infections: a prospective randomised clinical trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2010, vol. 81, no. 10, pp. 1064–1067. <http://doi.org/10.1136/jnnp.2009.198523>.
53. Yaşar S., Kırık A. Older patients with intraventricular hemorrhage are prone to infection after external ventricular drainage. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 870–874. <http://doi.org/10.14744/tjtes.2020.06159>.
54. Zheng G., Ji X., Yu X. et al. Development and verification of a discriminate algorithm for diagnosing post-neurosurgical bacterial meningitis – a multicenter observational study. *J Clin Lab Anal*, 2020, vol. 34, no. 2, pp. 23069. <http://doi.org/10.1002/jcla.23069>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова, филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» МЗ РФ, 191014, Россия, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, д. 12

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» МЗ РФ, 197341, Россия, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» МЗ РФ, 194100, Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – Branch of Almazov National Medical Research Center, 12, Mayakovskogo str., Saint Petersburg, 191014, Russia

Almazov National Medical Research Centre, 2, Akkuratova str., Saint Petersburg, 197341, Russia

St. Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russia

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6, Mikluho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia

Айбазова Медина Исламовна

врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора

А. Л. Поленова.

E-mail: aibazova.med@yandex.ru,

ORCID: 0000-0002-6280-3832

Aybazova Medina I.

Anesthesiologist and Intensivist of Anesthesiology and Intensive Care Department, Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – Branch of Almazov National.

E-mail: aibazova.med@yandex.ru,

ORCID: 0000-0002-6280-3832

Дрягина Наталья Владимировна

канд. мед. наук, зав. отделением лабораторной диагностики, старший научный сотрудник, НИЛ «Нейропротекции и нейрометаболических нарушений», Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова.

E-mail: nvdryagina@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8595-6666

Dryagina Natal'ya V.

Dr. of Sci. (Med.), Head of Laboratory Diagnostics Department, Senior Research Fellow, Research Laboratory «Neuroprotection and Neurometabolic Disorders», Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – Branch of Almazov National.

E-mail: nvdryagina@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8595-6666

Ценципер Любовь Марковна

д-р мед. наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии с клиникой ИМО, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова.

E-mail: lmt1971@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7527-7707

Tsentsiper Lubov M.

Dr. of Sci. (Med.), Professor of Anesthesiology and Intensive Care Department with the Clinic of the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Center.

E-mail: lmt1971@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7527-7707

Шмидт Леонид Александрович

студент факультета Лечебное дело ИМО, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова.

E-mail: shmidt.leonidt@gmail.com,

ORCID: 0009-0004-1205-7650

Shmidt Leonid A.

Student of the Faculty of Medicine of the Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Center.

E-mail: shmidt.leonidt@gmail.com,

ORCID: 0009-0004-1205-7650

Гончарук Никита Валерьевич

ординатор кафедры анестезиологии и реаниматологии, Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова.

E-mail: goncharuk.nik.v@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-2905-1587

Goncharuk Nikita V.

Resident of Anesthesiology and Intensive Care Department, Almazov National Medical Research Center.

E-mail: goncharuk.nik.v@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-2905-1587

Кондратьев Анатолий Николаевич

заслуженный врач Российской Федерации, д-р мед. наук, профессор, зав. НИЛ нейропротекции и нейрометаболических нарушений, Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова.

E-mail: eak2003@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7648-2208

Kondratyev Anatoly N.

Honored Physician of the Russian Federation, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Research Laboratory «Neuroprotection and Neurometabolic Disorders», Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – Branch of Almazov National.

E-mail: eak2003@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7648-2208