



Внутричерепная гипотензия на фоне спонтанной эпидуральной ликвореи

Е. А. Цитко

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Внутричерепная гипотензия (ВГ) — клиничко-рентгенологический синдром, проявляющийся снижением объема или давления ликвора, вызванный различными причинами. Одним из основных клинических проявлений синдрома являются ортостатические головные боли, а «золотым стандартом» лучевой диагностики считается магнитно-резонансная томография (МРТ). Повышение информированности врачей-рентгенологов, неврологов и нейрохирургов о данной патологии позволит на ранних этапах диагностировать ВГ и своевременно реагировать, определяя дальнейшую тактику. В статье представлено собственное клиническое наблюдение пациента с хронической интракраниальной гипотензией, его МРТ-картина и результаты лечения способом «blood patch».

Ключевые слова: внутричерепная гипотензия, спонтанная ликворея, «blood patch».

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Цитко ЕА. Внутричерепная гипотензия на фоне спонтанной эпидуральной ликвореи. *Проблемы здоровья и экологии*. 2022;19(1):126–133. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-1-16>

Intracranial hypotension associated with spontaneous epidural cerebrospinal fluid leaks

Yauheni L. Tsitko

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Intracranial hypotension (IH) is a clinical and radiological syndrome manifested by a decrease in the volume or pressure of the cerebrospinal fluid caused by various reasons. Orthostatic headaches are one of the main clinical manifestations of the syndrome, and magnetic resonance imaging (MRI) is considered to be the “gold standard” of radiation diagnostics. Increased awareness of radiologists, neurologists, and neurosurgeons about this pathology will allow to diagnose IH in the early stages and to react to it in a timely manner defining further tactics.

This publication presents the author's own clinical observation of a patient with chronic intracranial hypotension, his MRI picture and the results of the treatment using the “blood patch” method.

Keywords: intracranial hypotension, spontaneous cerebrospinal fluid leaks, “blood patch”.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Tsitko EL. Intracranial hypotension associated with spontaneous epidural cerebrospinal fluid leaks. *Health and Ecology Issues*. 2022;19(1):126–133. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2022-19-1-16>

Введение

Синдром ВГ — группа патологических состояний, объединенных одним патогенетическим фактором: ликвородинамическими нарушениями, которые чаще всего

(в 73 % случаев) обусловлены снижением давления спинно-мозговой жидкости (СМЖ) внутри дурального пространства ниже 6 см вод. ст. Основной причиной внутричерепной гипотензии является патологическое истечение ликвора [1, 2, 3, 4, 5].

По этиологии выделяют первичную и вторичную ВГ. Первичная, или спонтанная ВГ возникает вследствие достоверно не установленных причин. Вторичная — в результате ятрогении (люмбальная пункция, операции на головном мозге или позвоночнике), травмы, заболеваний соединительной ткани (болезнь Хирояма), опухолей основания черепа с проращением мозговых оболочек и костей черепа или системных патологических процессов (дегидратация, диабетическая кома, уремия). Чаще страдают лица в возрасте 35–50 лет, соотношение мужчин к женщинам составляет 1:1,9 [5, 6, 7].

Наиболее частым и стойким клиническим симптомом выступают так называемые постуральные головные боли, т. е. боли, зависящие от положения тела: возникают при вертикальном положении (через различное время после вертикализации) и исчезают или значительно ослабевают в положении лежа. Болевой синдром, как правило, выраженный, чаще боль локализуется в затылке и шее, может сопровождаться тошнотой, рвотой, головокружением, диплопией, шейной ригидностью, звоном в ушах и др. [2, 3, 7]. При объективном осмотре таких пациентов, особенно на ранней стадии заболевания, существенные клинические симптомы практически отсутствуют, вследствие чего приходится дифференцировать ВГ со множеством неврологических заболеваний.

Ведущее место в диагностике ВГ на сегодняшний день занимает нативная МРТ с контрастным усилением. При МРТ головного мозга выделяют качественные и количественные признаки ВГ. К первым относятся: знаки венозного расширения (округление поперечного сечения венозных синусов), увеличение вертикального размера гипофиза, наличие субдурального выпота или кровоизлияния, уменьшение объема СМЖ, пролабирование миндалин мозжечка ниже уровня большого затылочного отверстия, утолщение оболочек головного и спинного мозга, накопление контрастного вещества утолщенными оболочками. К количественным признакам ВГ относятся: мамиллопонтинное расстояние менее 5,5 мм; понтomezэнцефальный угол менее 50°; каллозальный угол, также известный как угол бокового желудочка, менее 90° [2, 6, 7, 8].

Диагноз ВГ устанавливается при наличии постуральных головных болей и наличии одного или двух факторов: снижения давления СМЖ ниже 6 см вод. ст. или наличия у пациента нейровизуализационных признаков внутрочерепной гипотензии и (или) ис-

течения ликвора [1, 2, 4, 6, 7, 8].

В большинстве случаев ВГ является доброкачественным процессом, склонность к самопроизвольному излечиванию диктует необходимость сдержанной консервативной тактики лечения. При своевременной диагностике обычно для полного выздоровления достаточно постельного режима, препаратов кофеина в сочетании с общей гидратацией [2, 3, 7, 8]. Однако в случаях стойко сохраняющихся симптомов следует рассмотреть вопрос нейрохирургического закрытия дефекта твердой мозговой оболочки (ТМО): это может быть методика «BLOOD PATCH» (кروвяная заплатка) или пластика дурального мешка [1, 5, 9, 10, 11, 12].

Идентификация места истечения ликвора крайне сложна (особенно в спонтанных случаях), поскольку утечка может возникать в любом месте и значительно варьировать в зависимости от этиологического фактора и ее скорости в диапазоне от очень быстрой до крайне медленной [2, 7, 9, 13, 14].

Цель работы

Представить результаты нейрохирургического лечения спонтанной ВГ на клиническом наблюдении.

Случай из клинической практики

Пациент А. 1984 г. р., поступил в нейрохирургическое отделение № 1 Гомельской областной клинической больницы в июле 2020 г. с жалобами на изнуряющие боли в шейно-затылочной области и по задней поверхности шеи. Боли возникают и усиливаются днем, регрессируют после сна.

Впервые боли в шейно-затылочной области отметил в апреле 2018 г. во время силовых тренировок. Обследован амбулаторно, получал различные виды анальгетиков, сосудистую терапию, физиотерапевтическое лечение, однако стойкого эффекта не отмечал. При МРТ головного мозга патологии не выявлено.

В начале 2020 г. появилась болевая гипестезия в области правой лопатки, в зоне ThI–III. При нативном МРТ головного мозга патологических объемных образований в полости черепа не выявлено, желудочки мозга и субарахноидальные пространства резко сужены, вертикальный размер гипофиза — 7,93 мм, миндаины мозжечка пролабируют в большое затылочное отверстие до 12 мм, понтomezэнцефальный угол — 35,6°. При введении контрастного вещества отмечается интенсивное и равномерное его накопление в ТМО (рисунок 1 а, б).

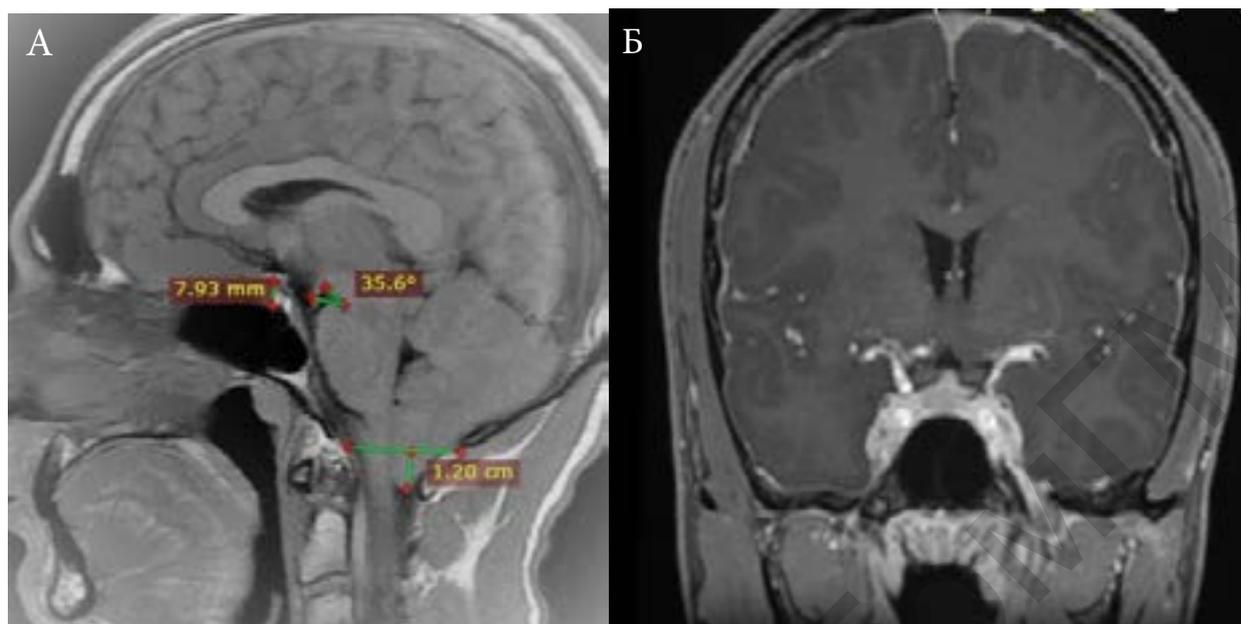


Рисунок 1. МР-томограммы головного мозга пациента Л., выполненные при поступлении в клинику:
 а — нативное сагиттальное T1 FLAIR; б — коронарное постконтрастное T1-ВИ
 Figure 1. MR-tomograms of the brain of the patient L. performed upon admission to the clinic:
 a — native sagittal T1 FLAIR; b — coronary post-contrast T1-WI

С целью уточнения причин, описанных выше нейровизуализационных изменений, пациенту выполнено МРТ шейного, грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника. При исследовании спинного мозга на шейно-грудном уровне выявлены

признаки гидромиелии от СIII до ThIII и эпидуральное скопление ликвора по передней поверхности дурального мешка — от СIII до ThIII, по задней поверхности — от ThIII до ThVII (рисунок 2).

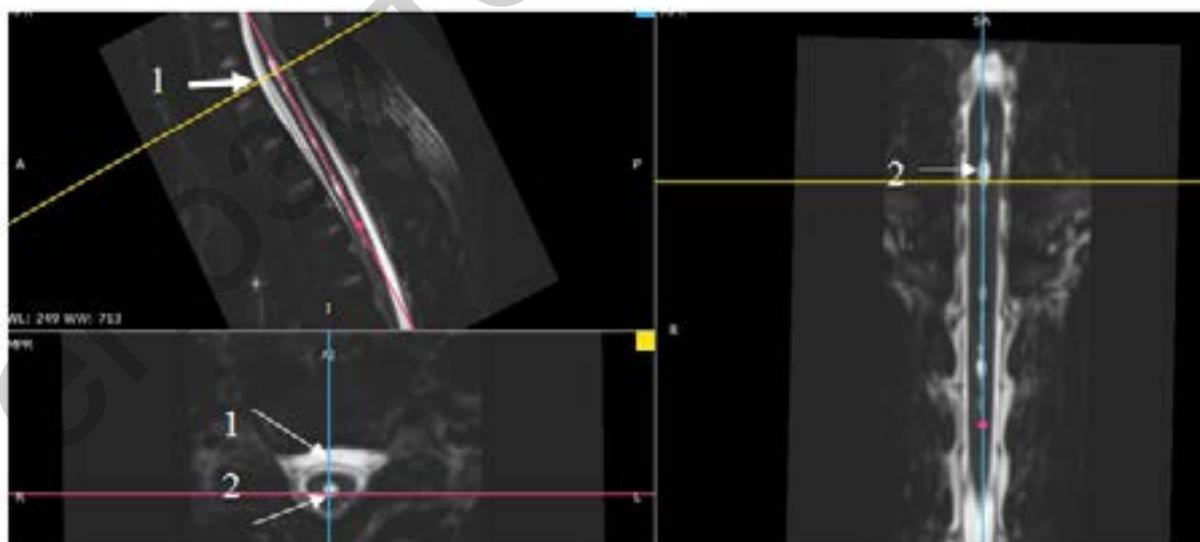


Рисунок 2. Мультипланарная реконструкция МР-томограммы шейно-грудного отдела спинного мозга пациента Л., T2 FRFSE: 1 — эпидуральное скопление ликвора по передней поверхности; 2 — расширение центрального канала спинного мозга

Figure 2. Multiplanar reconstruction of the MR-tomogram of the cervical-thoracic spinal cord of patient L., T2 FRFSE
 1 — epidural cerebrospinal fluid leak on the anterior surface; 2 — dilatation of the central canal of the spinal cord

На основании анамнеза, клинической картины и результатов МРТ головного и спинного мозга установлен диагноз: «Сирингомиелия, шейно-грудная локализация на фоне спонтанной ликворной гипотензии с синдромом псевдо-Киари и легкими сенсорными нарушениями».

Проведенное лечение, включающее постельный режим в течение 3 нед., инфузионную терапию с целью гидратации, при выраженных головных болях — кофеин-бензоат натрия 200 мг внутрь, стойкого клинического улучшения не принесло.

Ввиду неэффективности консервативной терапии, длительности заболевания и результатов исследований (эпидуральное скопление ликвора перирадикулярно на уровне CV-CVI справа) принято решение о герметизации ТМО на уровне CV-CVI путем эпидурального введения аутокрови. Учитывая физиологический шейный лордоз, необходимость постельного режима с приподнятым головным концом на 30° в течение первых суток после «blood patch», а также плотность крови и ликвора, точка введения аутокрови определена на сегмент выше CIV-CV. Несмотря на то, что данный способ лечения относится к малоинвазивным и на первый взгляд довольно прост и достаточно эффективен, существует серьезная проблема: точность и безопасность проведения иглы к целевой точке.

Существует 3 наиболее распространенных способа контроля введения иглы в эпидуральное пространство, однако каждый из них имеет определенные недостатки. Интраоперационная компьютерная томография наиболее информативна и предпочтительна, но оборудование дорогостоящее. Рентгеновский электронно-оптический преобразователь позволяет оценить траекторию пункции только относительно костных структур в двухмерном пространстве, что требует выполнения нескольких полипозиционных снимков, объективно оценить особенности расположения иглы относительно мягких тканей невозможно. Ультразвуковая навигация позволяет контролировать траекторию пункции относительно сосудов, однако изолированное применение не позволяет точно определить целевой уровень позвоночного столба, к тому же она достаточно трудоемкая и требует определенных навыков.

В представленном случае для динамического контроля процедуры чрескожного эпидурального введения аутокрови использована безрамочная нейронавигация BrainLab. В предоперационном периоде выполнено

КТ головного мозга и шейного отдела позвоночника. Далее результат исследований был загружен в нейронавигационную станцию и регистрация пациента выполнена в краниальном режиме посредством лазерной указки, так называемый Z-touch. Планирование оптимальной точки и траектории пункции, а также введение иглы в переднее эпидуральное пространство на уровне CIV-CV осуществляются под нейронавигационным контролем в режиме реального времени (рисунок 3).

Процедура «blood patch» выполнена под местной анестезией, речевой контакт с пациентом сохранялся, что необходимо для клинического контроля безопасности выбранной траектории и введения аутокрови эпидурально.

Пациент выписан на 2-е сут послеоперационного периода, постуральные головные боли сохранялись, хотя отмечалось снижение их интенсивности. При контрольном осмотре через 2 мес. головные боли не беспокоят, пациент ведет активный образ жизни, хотя физические нагрузки исключает. По МРТ головного мозга существенных изменений не выявлено, а в шейно-грудном отделе наблюдается уменьшение размеров сирингомиелитических кист и размеров эпидурального затека ликвора (рисунок 4).

Обсуждение

В представленном клиническом случае описана патогномичная клиническая и нейровизуализационная картина хронической интракраниальной гипотензии, возникшей на фоне спонтанной эпидуральной ликвореи на шейном уровне. Истинная природа ликвореи не установлена. В анамнезе факт травматического повреждения шейного отдела позвоночника отсутствует, признаков дегенеративных изменений также не выявлено.

Диагностика ликворных фистул крайне сложна. Предположение о наличии у пациента спонтанной ликвореи может возникнуть только при появлении симптомов хронической ВГ. При нативной МРТ визуализируются только вторичные изменения, развивающиеся на фоне ликворной гипотензии: узкая желудочковая система, опущение миндалин мозжечка в большое затылочное отверстие, уменьшение понтомезэнцефалического угла (в норме — более 50°) и мамиллопонтинного расстояния (в норме — более 5,5 мм); увеличение вертикального размера гипофиза, расширение венозных синусов. Дополнительным диагностическим признаком является накопление парамагнетика в твердой мозговой оболочке при МРТ с контрастом [2, 4].

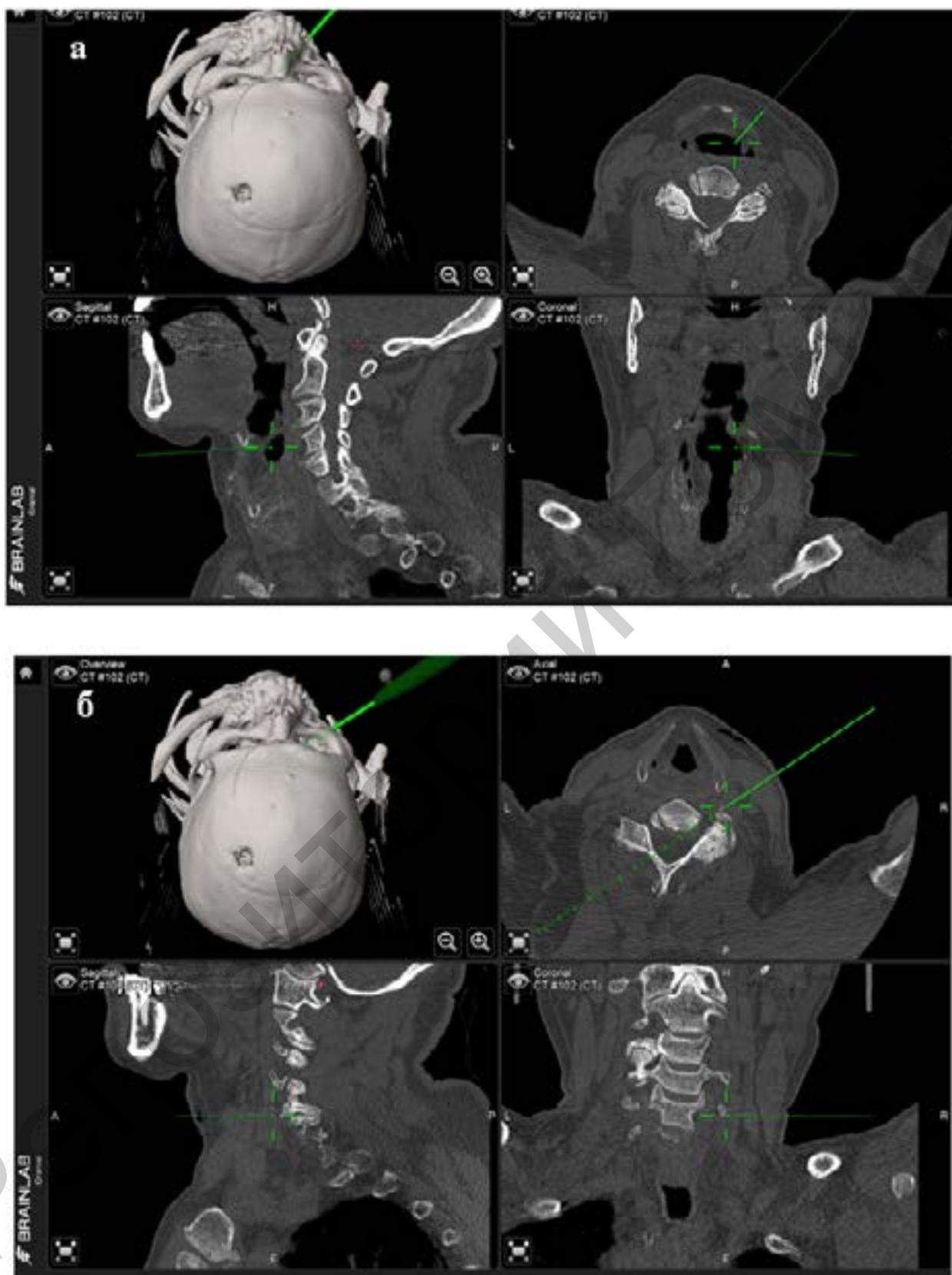


Рисунок 3. Предоперационное планирование в нейронавигации BrainLab:

a — определение точки введения иглы на целевой уровень CIV-CV; *b* — выбор безопасной траектории пункции эпидурального пространства

Figure 3. Preoperative planning in Brainlab neuronavigation: *a* — determination of the needle insertion point at the target level CIV-CV; *b* — selection of a safe trajectory for puncture of the epidural space



Рисунок 4. МР-томограмма шейно-грудного отдела спинного мозга пациента Л. T2 FRFSE: 1 — эпидуральное скопление ликвора по передней поверхности; 2 — зоны локального расширения центрального канала спинного мозга (гидромиелия)

Figure 4. MR-tomograms of the cervical-thoracic spinal cord of the patient L., T2 FRFSE: 1 — epidural cerebrospinal fluid leak on the anterior surface; 2 — zones of local dilatation of the central canal of the spinal cord (hydromyelia)

При определении тактики лечения пациентов со спонтанной ВГ крайне важна правильная постановка диагноза в совокупности с четкой локализацией области истечения ликвора и верным определением причин ее возникновения. В настоящее время в структуре спонтанной ликвореи выделяют три подгруппы. К первой относится истечение ликвора из дурального мешка вследствие дефекта ТМО. Наиболее частой причиной повреждения ТМО являются «костные шипы» тел позвонков как следствие дегенеративных изменений позвоночника. Второй подтип характеризуется формированием дивертикулов ТМО, в которые пролабирует арахноидальная оболочка и формируется киста. В большинстве случаев встречается у пациентов, страдающих наследственной патологией соединительной ткани. К третьему относятся случаи сброса ликвора через ликворо-венозную фистулу, которая может быть образована как одной, так и группой расширенных корешковых вен [4, 7, 8].

Представленный случай относится к первому подтипу спонтанной ликвореи. Ввиду сложности точной идентификации локализации фистулы открытое микрохирургическое вмешательство, направленное на ушивание или пластику дефекта ТМО, затруднительно. Оптимальным и малоинвазивным способом лечения в настоящее время представляется «blood patch». Эффективность процедуры составляет от 68,18 до 82,6 % и зависит от длительности ликвореи, четкой локализации дефекта ТМО и объема вводимой аутокрови [6].

Заключение

Диагностика ВГ и выявление причин ее формирования представляется сложной и важной задачей, требующей мультидисциплинарного подхода в обследовании и лечении пациентов. Правильная постановка диагноза и выявление причин развития ВГ позволяет провести патогенетически обоснованное лечение, что дает возможность пациенту избежать инвалидизации и вернуться к полноценной жизни.

Список литературы

- Luetzen N, Dovi-Akue P, Fung C, Beck J, Urbach H. Spontaneous intracranial hypotension: diagnostic and therapeutic workup. *Neuroradiology*. 2021 Nov;63(11):1765-1772. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00234-021-02766-z>
- Буренчев ДВ, Гусева ОИ, Комолов ИС, Хетчиков ГВ. Синдром внутричерепной гипотензии (описание случая и обзор литературы). *Радиология практика*. 2012;4:70-78. [дата обращения 2021 октябрь 16]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18258512>
- Пономарев ВВ, Гаршова СВ. Спонтанная ликворная гипотензия: анализ литературы и собственные наблюдения. *Лечебное дело*. 2015;44(4):62-65. [дата обращения 2021 октябрь 15]. Режим доступа: <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=24083177>
- Рамазанов ГР, Шевченко ЕВ, Измайллов АМ, Степанов В.Н., Ковалева ЭА, Муслимов РШ, Петриков СС. Внутричерепная гипотензия. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2021;20(1):159-167. DOI: <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.1.24>
- Amrhein TJ, Kranz PG. Radiol Clin North Am. Spontaneous Intracranial Hypotension: Imaging in Diagnosis and Treatment. *Radiologic Clinics of North America*. 2019 Mar;57(2):439-451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2018.10.004>
- Schievink W.I. Spontaneous spinal cerebrospinal fluid leaks and intracranial hypotension. *JAMA*. 2006 May 17;295(19):2286-2296. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.295.19.2286>
- Кривошапкин АА, Савицкий ИД, Гайтан АС, Кротенкова ИА, Сергеев ГС, Абдуллаев ОА, Чеснулус Э. Современные подходы и диагностические инструменты в нейрохирургической практике: случай пациента с внутричерепной гипотензией и вторичной дегенерацией шейного отдела позвоночника. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2020;40(3):41-49. DOI: <https://doi.org/10.15372/SSMJ20200306>
- Buell T, Heiss J, Oldfield E. Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurg Clin N Am*. 2015;26:495-499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nec.2015.06.003>
- Kim SY, Hong JH. Epidural blood patches in a patient with multi-level cerebrospinal fluid leakage that was induced by spontaneous intracranial hypotension. *Korean J Pain*. 2010;23:46-50. DOI: <https://doi.org/10.3344/kjp.2010.23.1.46>
- Ferrante E, Arpino I, Citterio A, Wetzl R, Savino A. Epidural blood patch in Trendelenburg position premedicated with acetazolamide to treat spontaneous intracranial hypotension. *Eur. Journ. Neurol*. 2010;17:715-719. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02913>
- Ferrante E, Olgiati E, Sangalli V, Rubino F. Early pain relief from orthostatic headache and hearing changes in spontaneous intracranial hypotension after epidural blood patch. *Acta Neurol. Belg*. 2016;116(4):503-508. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13760-016-0617-2>
- So Y, Park JM, Lee PM, Kim CL. Epidural blood patch for the treatment of spontaneous and iatrogenic orthostatic headache. *Pain Physician*. 2016;19(8):1115-1122. [дата обращения 2021 октябрь 16]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27906941>
- Kranz PG, Amrhein TJ, Gray L. CSF Venous Fistulas in Spontaneous Intracranial Hypotension: Imaging Characteristics on Dynamic and CT Myelography. *AJR Am J Roentgenol*. 2017 Dec;209(6):1360-1366. DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18351>
- Shlobin NA, Shah VN, Chin CT, Dillon WP, Tan LA. Cerebrospinal Fluid-Venous Fistulas: A Systematic Review and Examination of Individual Patient Data. *Neurosurgery*. 2021 Apr 15;88(5):931-941. DOI: <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa558>

References

- Luetzen N, Dovi-Akue P, Fung C, Beck J, Urbach H. Spontaneous intracranial hypotension: diagnostic and therapeutic workup. *Neuroradiology*. 2021 Nov;63(11):1765-1772. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00234-021-02766-z>
- Burenchev DV, Guseva OI, Komolov IS, Khetchikov GV. Intracranial hypotension syndrome (case description and literature review). *Radiology practice*. 2012;4:70-78. [date of access 2021 October 16]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18258512> (in Russ.).
- Ponomarev VV, Garshova SV. Spontaneous cerebrospinal fluid hypotension: literature analysis and own observations. *Medicine*. 2015;44(4):62-65. [date of access 2021 October 15]. Available from: <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=24083177> (in Russ.).
- Ramazanov GR, Shevchenko EV, Izmailov AM, Stepanov VN, Kovaleva EA, Muslimov RSH, Petrikov SS. Intracranial hypotension. West. Smolensk State Honey. *Academy*. 2021;20(1):159-167. (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.1.24>
- Amrhein TJ, Kranz PG. Radiol Clin North Am. Spontaneous Intracranial Hypotension: Imaging in Diagnosis and Treatment. *Radiologic Clinics of North America*. 2019 Mar;57(2):439-451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2018.10.004>
- Schievink W.I. Spontaneous spinal cerebrospinal fluid leaks and intracranial hypotension. *JAMA*. 2006 May 17;295(19):2286-96. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.295.19.2286>
- Krivoschapkin AL, Savitskiy ID, Gaitan AS, Krotenkova IA, Sergeev GS, Abdullaev OA, Chesnulius E. Modern approaches and diagnostic tools in neurosurgical practice: a case of patient with intracranial hypotension and secondary cervical spine degeneration. *Siberian scientific medical journal*. 2020;40(3):41-49. DOI: <https://doi.org/10.15372/SSMJ20200306> (in Russ.).
- Buell T, Heiss J, Oldfield E. Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurg Clin N Am*. 2015;26:495-499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nec.2015.06.003>
- Kim SY, Hong JH. Epidural blood patches in a patient with multi-level cerebrospinal fluid leakage that was induced by spontaneous intracranial hypotension. *Korean J Pain*. 2010;23:46-50. DOI: <https://doi.org/10.3344/kjp.2010.23.1.46>
- Ferrante E, Arpino I, Citterio A, Wetzl R, Savino A. Epidural blood patch in Trendelenburg position premedicated with acetazolamide to treat spontaneous intracranial hypotension. *Eur. Journ. Neurol*. 2010;17:715-719. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2009.02913>
- Ferrante E, Olgiati E, Sangalli V, Rubino F. Early pain relief from orthostatic headache and hearing changes in spontaneous intracranial hypotension after epidural blood patch. *Acta Neurol. Belg*. 2016;116(4):503-508. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13760-016-0617-2>
- So Y, Park JM, Lee PM, Kim CL. Epidural blood patch for the treatment of spontaneous and iatrogenic or-

thostatic headache. *Pain Physician*. 2016;19(8):1115-1122. [дата обращения 2021 октябрь 16]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27906941> (in Russ.).

13. Kranz PG, Amrhein TJ, Gray L. CSF Venous Fistulas in Spontaneous Intracranial Hypotension: Imaging Characteristics on Dynamic and CT Myelography. *AJR Am J Roentgenol*. 2017 Dec;209(6):1360-1366.

DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18351>

14. Shlobin NA, Shah VN, Chin CT, Dillon WP, Tan LA. Cerebrospinal Fluid-Venous Fistulas: A Systematic Review and Examination of Individual Patient Data. *Neurosurgery*. 2021 Apr 15;88(5):931-941.

DOI: <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa558>

Информация об авторе / Information about the author

Цитко Евгений Леонидович, к.м.н., доцент, доцент кафедры хирургических болезней № 1 с курсом сердечно-сосудистой хирургии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1447-1447>

e-mail: fedor30@tut.by

Yauheni L. Tsitko, PhD (Med), Associate Professor, Associate Professor at Department of Surgical Diseases No.1 with the course of Cardiovascular Surgery, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1447-1447>

e-mail: fedor30@tut.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Цитко Евгений Леонидович

e-mail: fedor30@tut.by

Yauheni L. Tsitko

e-mail: fedor30@tut.by

Поступила в редакцию / Received 23.11.2021

Поступила после рецензирования / Accepted 27.01.2022

Принята к публикации / Revised 11.02.2022