

СУДЕБНАЯ МЕДИЦИНА / FORENSIC MEDICINE

DOI: <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.1>

КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПИННОМОЗГОВОЙ ЖИДКОСТИ И ЦЕНТРИФУГАТА ИЗ СОСУДИСТЫХ СПЛЕТЕНИЙ ЖЕЛУДОЧКОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Научная статья

Поздеев А.Р.^{1,*}, Баяндина С.М.²¹ ORCID : 0000-0002-6302-5219;^{1,2} Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (apozdeev[at]bk.ru)

Аннотация

В статье приводится сравнительная характеристика кондуктометрических свойств спинномозговой жидкости и центрифугата из сосудистых сплетений желудочков головного мозга 18 трупов лиц обоего пола в возрасте от 21 до 88 лет, умерших скоропостижно, с признаками черепно-мозговой травмы. Изучение спинномозговой жидкости (СМЖ) в судебно-медицинской практике раскрывает перспективы для поиска ответов на значимые вопросы при смертельной черепно-мозговой травме (СЧМТ) о давности, о тяжести ее образования СЧМТ. В практике получить «чистую» СМЖ при СЧМТ не всегда удается при смещении и деформации мозга происходят нарушения ликвороциркуляции в остром периоде СЧМТ. Гипотеза, положенная в основу работы о возможности изучения в таких случаях сосудистых сплетений желудочков головного мозга (ССГМ), когда получить «чистую» СМЖ не удастся. Центрифугат сосудистых сплетений желудочков головного мозга и затем спинномозговая жидкость подвергались измерению сопротивления, емкости, импеданса прибором «АКИП-6108» на частотах 100, 1000, 10000, 100000 Гц. Установлена сильная корреляционная связь ССЖМ и СМЖ ($r=-0,93$) у емкости на частоте 10 кГц, ($r=-0,92$) у емкости на частоте 1 кГц и ($r=-0,89$) на частоте 0,1 кГц; у импеданса на ($r=-0,97$) частоте 0,1 кГц, ($r=-0,90$) на частоте 10 кГц и 1 кГц; у активного сопротивления ($r=-0,81$) на частоте 100 кГц.

Ключевые слова: кондуктометрия, спинномозговая жидкость, сосудистые сплетения желудочков головного мозга, судебная медицина.

CONDUCTOMETRIC PROPERTIES OF CEREBROSPINAL FLUID AND CENTRIFUGATE FROM CEREBRAL VENTRICLE VASCULAR PLEXUSES

Research article

Pozdeev A.R.^{1,*}, Bayandina S.M.²¹ ORCID : 0000-0002-6302-5219;^{1,2} Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russian Federation

* Corresponding author (apozdeev[at]bk.ru)

Abstract

The article provides a comparative characteristic of conductometric properties of cerebrospinal fluid and centrifugate from vascular plexuses of brain ventricles of 18 corpses of people of both sexes aged from 21 to 88 years who died prematurely with signs of craniocerebral injury. The study of cerebrospinal fluid (CSF) in forensic practice opens prospects for finding answers to significant questions in fatal craniocerebral injury (FCCI) about the age of death, about the severity of its formation. In practice, it is not always possible to obtain "pure" CSF in a fatal craniocerebral injury when the brain is displaced and deformed, and liquor circulation disorders occur in the acute period of a fatal craniocerebral trauma. The hypothesis underlying the work is that it is possible to study vascular plexuses of the brain ventricles in such cases, when it is impossible to obtain "pure" CSF. Centrifugate of cerebral ventricular vascular plexuses and then cerebrospinal fluid were subjected to measurement of resistance, capacitance, impedance by the device "AKIP-6108" at frequencies of 100, 1000, 10000, 100000 Hz. A strong correlation between FCCI and CSF was established ($r=-0.93$) for capacitance at 10 kHz, ($r=-0.92$) for capacitance at 1 kHz and ($r=-0.89$) at 0.1 kHz; for impedance at ($r=-0.97$) at 0.1 kHz, ($r=-0.90$) at 10 kHz and 1 kHz; for active resistance ($r=-0.81$) at 100 kHz.

Keywords: conductometry, cerebrospinal fluid, cerebral ventricle vascular plexuses, forensic medicine.

Введение

Изучение спинномозговой жидкости (СМЖ) в судебно-медицинской практике раскрывает перспективы для поиска ответов на значимые вопросы при смертельной черепно-мозговой травме (СЧМТ) о давности, о тяжести ее образования СЧМТ [3], [4], [5], [8].

В работах судебных медиков показана зависимость СМЖ при различной тяжести черепно-мозговой травмы [9], срока наступления черепно-мозговой травмы, что делает актуальным дальнейшее изучение СМЖ для целей судебной медицины [11].

СМЖ содержит биологически активные вещества, которые поддерживают активность, регулируют функции, трофику, поведение, эмоции, сон и бодрствование нейронов. Содержание электролитов (хлориды, натрий, калий, магний, иод и др.) в СМЖ обеспечивают токопроводящие ее свойства [2], [6].

В практике получить «чистую» СМЖ при СЧМТ не всегда удается при смещении и деформации мозга происходят нарушения ликвороциркуляции в остром периоде СЧМТ [1], [14], [15]. Нами высказана гипотеза о возможности

изучения в таких случаях сосудистых сплетений желудочков головного мозга (ССЖМ), когда получить «чистую» СМЖ не удастся. Продукция СМЖ происходит в основном в сосудистых сплетениях желудочков головного мозга, т.к. функцией ССЖМ является продукция СМЖ. За сутки ССЖМ продуцирует в среднем 600 мл СМЖ со скоростью 0,3 мл/мин на 1 г ткани [12]. ССЖМ посредством продукции СМЖ влияет на процессы, происходящие в организме путем нейрогуморальной регуляции. ССЖМ представляют собой самостоятельный, функционально единый орган, разделенный на три отдела – сосудистое сплетение боковых желудочков, сосудистое сплетение III и IV желудочков мозга. Каждый отдел ССЖМ состоит из соединительнотканной стромы, эпителия, кровеносных сосудов. Важную роль играют клетки Колмера в ССЖМ, вовлекаемые в реакции головного мозга на ишемические и гемодинамические повреждения. Вес ССЖМ человека составляет около 2 г [10], [13].

Целью работы явилось сравнительное исследование кондуктометрических свойств спинномозговой жидкости и центрифугата сосудистых сплетений желудочков головного мозга для разработки методики установления срока наступления черепно-мозговой травмы.

Материалы и методы

Работа выполнена на практическом судебно-медицинском материале ГБУЗ ПК «Краевое бюро судебно-медицинской экспертизы и патолого-анатомических исследований», исследованы 18 лиц обоего пола в возрасте от 21 до 88 лет с черепно-мозговой травмой и умершие скоропостижно. Спинномозговая жидкость аспирировалась во время вскрытия желудочков головного мозга в объеме 1-2 мл при помощи стерильного шприца. Сосудистые сплетения желудочков головного мозга изымались (в объеме 2-3 см³) и помещались в центрифужную пробирку. Спинномозговая жидкость и измельченные сосудистые сплетения желудочков головного мозга подвергались центрифугированию в течение 3-5 минут на 3000 оборотах. Центрифугат сосудистых сплетений желудочков головного мозга и затем спинномозговая жидкость подвергались измерению сопротивления, емкости, импеданса прибором «АКИП-6108» на частотах 100, 1000, 10000, 100000 Гц. Данные заносились в таблицы Excel и в последующем подвергались статистической обработке данными базовыми методами статистики в приложении SPSS 23,0.

Результаты и их обсуждение

Обработанные статистически результаты представлены в таблице 1. Средние значения активного сопротивления (R) центрифугата сосудистых сплетений желудочков головного мозга варьировали от 0,158±0,359 кОм на низкой частоте 0,1 кГц до 0,739±1,748 кОм на частоте 100 кГц, указывая на тенденции частотной зависимости ($t_{0,1-100}=-1,2$ $p>0,05$). Различия достоверные ($t_{0,1-1}=-2,3$ $p<0,05$) выявлены на частотах 0,1 кГц и 1 кГц. Средние значения активного сопротивления (R) спинномозговой жидкости также изменяются от частоты электрического тока, 0,397±1,06 кОм на частоте 0,1 кГц до 0,099±0,056 кОм на частоте 100 кГц, однако не носят достоверного характера ($t_{0,1-100}=0,62$ $p>0,05$).

Сравнивая активное сопротивление (R) ССЖМ и СМЖ по каждой изученной частоте на низких – от 0,1 до 1 кГц и на высоких от 10 кГц до 100 кГц различия не существенны ($p>0,05$).

Таблица 1 - Значения электрического сопротивления, емкости, импеданса на разных частотах электрического тока центрифугата из сосудистых сплетений желудочков головного мозга (ССЖМ) и спинномозговой жидкости (СМЖ)

DOI: <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.1.1>

Параметры	Частоты электрического тока, на которых проводилось измерение			
	0,1 кГц	1 кГц	10 кГц	100 кГц
ССЖМ	0,158±0,359 $t_{0,1-1}=-2,3$ $p<0,05^*$ $t_{0,1-100}=-1,2$ $p>0,05$	0,336±0,437 $t_{1-100}=-0,6$ $p>0,05$	0,109±0,160 $t_{0,1-10}=-1,5$ $p>0,05$ $t_{1-10}=-1,2$ $p>0,05$	0,739±1,748 $t_{10-100}=-1,0$ $p>0,05$
СМЖ	0,397±1,06 $t_{0,1-1}=0,66$ $p>0,05$ $t_{0,1-100}=0,62$ $p>0,05$	0,190±0,401 $t_{1-100}=-1,3$ $p>0,05$	0,036±0,055 $t_{0,1-10}=0,75$ $p>0,05$ $t_{1-10}=0,82$ $p>0,05$	0,099±0,056 $t_{10-100}=0,5$ $p>0,05$
Достоверность различий ССЖМ-СМЖ	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ -1,31 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ 0,59 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ 0,96 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ 0,81 $p>0,05$
C, nF				
ССЖМ	0,00000016± ±0,000000002 $p>0,05$	0,00000016± ±0,0000000043 $p>0,05$	0,00000015± ±0,0000000054 $p>0,05$	0,00000014± ±0,0000000041 $p>0,05$
СМЖ	0,00000016± ±0,0000000009 $t_{0,1-100}=-1,04$ $p>0,05$	0,00000016± ±0,0000000004 $t_{1-100}=-1,04$ $p>0,05$	0,00000015± ±0,0000000002 $t_{10-100}=-1,04$ $p>0,05$	0,00000009± ±0,0000000002
Достоверность различий ССЖМ-СМЖ	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ 0,622 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ -1,330 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ -0,935 $p>0,05$	$t_{ССЖМ-СМЖ}$ -0,959 $p>0,05$
Z, кОм				
ССЖМ	0,02262±0,03331	0,08652±0,03080	0,03841±0,06242	0,15813±0,02208

	$t_{0,1-1}=-2,6 p<0,05^*$ $t_{0,1-100}=-16,3$ $p<0,01^*$	$t_{1-100}=-6,4 p<0,01^*$	$t_{0,1-10}=-1,4 p>0,05$ $t_{1-10}=1,3 p>0,05$	$t_{10-100}=-17,3$ $p<0,01^*$
СМЖ	$0,00846\pm 0,00270$ $t_{0,1-1}=-3,4 p<0,01^*$ $t_{0,1-100}=-21,1$ $p<0,01^*$	$0,07829\pm 0,04371$ $t_{1-100}=6,3 p<0,05^*$	$0,03231\pm 0,03675$ $t_{0,1-10}=-1,4 p>0,05$ $t_{1-10}=1,2 p>0,05$	$0,16425\pm 0,01666$ $t_{10-100}=-5,6 p<0,01^*$
Достоверность различий ССЖМ-СМЖ	$t_{\text{ССЖМ-СМЖ}}$ 0,935 $p>0,05$	$t_{\text{ССЖМ-СМЖ}}$ 0,385 $p>0,05$	$t_{\text{ССЖМ-СМЖ}}$ 0,194 $p>0,05$	$t_{\text{ССЖМ-СМЖ}}$ -0,509 $p>0,05$

Примечание: указаны различия по частотам 0,1 кГц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц; различия между ССЖМ-СМЖ; * достоверные различия ($p<0,05$)

Средние значения емкости (С) центрифугата сосудистых сплетений желудочков головного мозга находились от $0,00000016\pm 0,000000002$ пФ на низкой частоте 0,1 кГц до $0,00000014\pm 0,0000000041$ пФ на частоте 100 кГц, различия не были достоверны ($p>0,05$). Средние значения спинномозговой жидкости более изменчивы, $0,00000016\pm 0,000000009$ пФ на низкой частоте 0,1 кГц до $0,00000009\pm 0,000000002$ пФ на частоте 100 кГц ($p>0,05$).

Сравнивая значения емкости (С) ССЖМ и СМЖ на всех изучаемых частотах от 0,1 до 100 кГц достоверных различий нами также не получено ($p>0,05$).

Импеданс, т.е. полное сопротивление в цепи переменного тока включая активную и реактивную составляющую их средние значения (Z) центрифугата сосудистых сплетений желудочков головного мозга были от $0,02262\pm 0,03331$ кОм на низкой частоте 0,1 кГц до $0,15813\pm 0,02208$ кОм на частоте 100 кГц ($t_{0,1-100}=-16,3 p<0,01$).

Достоверно различались значения на частотах электрического тока 0,1 кГц и 1 кГц ($t_{0,1-1}=-2,6 p<0,05$), 1 кГц и 100 кГц ($t_{1-100}=-6,4 p<0,01$), 10 кГц и 100 кГц ($t_{10-100}=-17,3 p<0,01$). Средние значения импеданса СМЖ также изменчивы в зависимости от частоты тока, $0,00846\pm 0,00270$ кОм на низкой частоте 0,1 кГц до $0,16425\pm 0,01666$ кОм на частоте 100 кГц ($t_{0,1-100}=-21,1 p<0,01$). Достоверно различались значения на частотах электрического тока 0,1 кГц и 1 кГц ($t_{0,1-1}=-3,4 p<0,01$), 1 кГц и 100 кГц ($t_{1-100}=6,3 p<0,05$), 10 кГц и 100 кГц ($t_{10-100}=-5,6 p<0,01$). Сравнивая импеданс (Z) ССЖМ и СМЖ на изучаемых частотах от 0,1 до 100 кГц достоверных различий нами не получено ($p>0,05$).

Использование U-критерий Манна – Уитни (рис. 1) для оценки различий между независимыми выборками по уровню признака позволили констатировать, что значения активного сопротивления, емкости, импеданса ССЖМ и СМЖ на частотах 0,1 кГц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц достоверно не различались. Возможно предположить, что ССЖМ синхронно показывает те изменения, которые регистрируются кондуктометрически в СМЖ. Для подтверждения гипотезы следует рассчитать коэффициент корреляции (r), позволяющий отслеживать такую связь и ее силу. Результаты показали, что сильная связь отмечалась ($r=-0,93$) у емкости на частоте 10 кГц, ($r=-0,92$) у емкости на частоте 1 кГц и ($r=-0,89$) на частоте 0,1 кГц; у импеданса на ($r=-0,97$) частоте 0,1 кГц, ($r=-0,90$) на частоте 10 кГц и 1 кГц; у активного сопротивления ($r=-0,81$) на частоте 100 кГц. В остальных случаях связь была слабее.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of r100 Гц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,530 ¹	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of r1кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,530 ¹	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of r10кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	1,000 ¹	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of r100кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,755 ¹	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of z100 Гц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,755 ¹	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of z1кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,639 ¹	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of z10кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,343 ¹	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of z100кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,537 ¹	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of c100 Гц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,620 ¹	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of c1кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,383 ¹	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of c10кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,805 ¹	Retain the null hypothesis.
12	The distribution of c100кГц is the same across categories of Сосудистые/СМЖ.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,836 ¹	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

Рисунок 1 - U-критерий Манна — Уитни показывает отсутствие достоверных различий изучаемых признаков между центрифугатом сосудистых сплетений желудочков головного мозга (ССЖМ) и спинномозговой жидкости (СМЖ)
DOI: <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.1.2>

Заключение

Таким образом, установленная сильная связь ССЖМ и СМЖ дает основания для использования центрифугата сосудистых сплетений желудочков головного мозга для решения судебно-медицинских задач в научных исследованиях.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Блинков С.М. Смещения и деформации головного мозга. Морфология и клиника / С.М. Блинков, Н.А. Смирнов. — Л. : Медицина, Ленинградское отделение. — 1967. — 202 с.
2. Васькова Н.Л. Диагностические и прогностические возможности термоимпедансометрии ликвора при нейрохирургической патологии : 14.01.11 : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Н.Л. Васькова. — Санкт-Петербург, 2017. — 164 с.
3. Витер В.И. Оценка тяжести черепно-мозговой травмы по спектрам удельной электропроводности спинномозговой жидкости в раннем постмортальном периоде / В.И. Витер, Ю.Г. Сурков, А.Р. Поздеев [и др.] // Проблемы экспертизы в медицине. — 2004. — Т. 4. — № 3(15). — С. 12–14.
4. Гайворонская В.И. Кристаллографический метод диагностики черепно-мозговой травмы и некоторых патологических состояний в судебно-медицинской практике : 14.00.24 : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / В.И. Гайворонская. — М., 2001. — 306 с.
5. Добровольский Г.Ф. Топографическое обоснование комплексной судебно-медицинской оценки системы ликворообращения при травматическом повреждении головного мозга : 14.00.24 : автореф. дисс. докт. мед. наук / Г.Ф. Добровольский. — М., 2003. — 39 с.
6. Зуев А.Л. Изучение ионных, молекулярных и клеточных механизмов формирования электрического импеданса в биологических жидкостях и тканях / А.Л. Зуев, В.Ю. Мишланов, А.И. Судаков [и др.] // Вестник Пермского научного центра УРО РАН. — 2014. — № 2. — С. 69–78.
7. Пикалюк В.С. Ликвор как гуморальная среда организма / В.С. Пикалюк, Е.Ю. Бессалова, В.В. Ткач [и др.]. — Симферополь : Ариал, 2010. — 192 с.
8. Майновская О.А. Судебно-медицинская оценка черепно-мозговой травмы у живых лиц по кристаллографическим характеристикам спинномозговой жидкости : 14.00.24 : автореф. дис. ... на соискание ученой степени канд. мед. наук / О.А. Майновская. — М., 2001. — 21 с.
9. Сарсенов Т.К. Судебно-медицинская оценка черепно-мозговой травмы в судебной медицине / Т.К. Сарсенов // Наука и здравоохранение. — 2013. — № 4. — С. 66–68.
10. Дарий А.А. Сосудистые сплетения желудочков головного мозга и их нервный аппарат на этапах онтогенеза / А.А. Дарий, В.Т. Жица, И.М. Катеренюк [и др.] // Морфология. — 2014. — Т. 145. — № 3. — С. 67.
11. Чумутин А.Н. Исследование импеданса ликвора для постмортальной оценки давности черепно-мозговой травмы / А.Н. Чумутин // Молодая наука – практическому здравоохранению. — Пермь : ПГМУ. — 2019. — С. 43–44.
12. Шувалова М.С. Сосудистое сплетение желудочков головного мозга / М.С. Шувалова, Ю. Х.-М. Шидиков, А.С. Шаназаров // Вестник КРСУ. — 2022. — Т. 22. — № 5. — С. 159–166.
13. Brown P.D. Molecular mechanism of cerebrospinal fluid production / P.D. Brown, S.L. Davies, I. Speke [et al.] // Neuroscience. — 2004. — № 129 (4). — P. 957–970.
14. Rothfus W.E. Calloso marginal infarction secondary to transfalcial herniation / W.E. Rothfus, A.L. Goldberg, J.H. Tabaas [et al.] // AJNR. — № 8. — P. 1073–1076.
15. VanDongen K.J. The prognostic value of computerized tomography in comatose head-injured patients / K.J. VanDongen, R. Braakman, G.J. Gelpke // J. Neurosurg. — 1983. — № 59. — P. 951–957.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Blinkov S.M. Smeshhenija i deformacii golovnoho mozga. Morfologija i klinika [Displacement and deformation of the brain. Morphology and clinic] / S.M. Blinkov, N.A. Smirnov. — L. : Medicine, Leningrad department. — 1967. — 202 p. [in Russian]
2. Vaskova N.L. Diagnosticheskie i prognosticheskie vozmozhnosti termoiimpedansometrii likvora pri neirohirurgicheskoj patologii [Diagnostic and prognostic possibilities of thermoimpedance of cerebrospinal fluid in neurosurgical pathology] : 14.01.11 : dissertation for the degree of Candidate of Medical Sciences / N.L. Vaskova. — St. Petersburg, 2017. — 164 p. [in Russian]
3. Viter V.I. Ocenka tjazhesti cherepno-mozgovoju travmy po spektram udel'noj jelektroprovodnosti spinnomozgovoju zhidkosti v rannem postmortal'nom periode [Assessment of the severity of traumatic brain injury by the spectra of specific electrical conductivity of cerebrospinal fluid in the early postmortem period] / V.I. Viter, Yu.G. Surkov, A.R. Pozdееv [et al.] // Problemy ekspertizy v medicine [Problems of expertise in medicine]. — 2004. — Vol. 4. — № 3(15). — P. 12–14. [in Russian]
4. Gaivoronskaya V.I. Kristallograficheskij metod diagnostiki cherepno-mozgovoju travmy i nekotoryh patologicheskikh sostojanij v sudebno-medicinskoj praktike [Crystallographic method of diagnosis of traumatic brain injury and some pathological conditions in forensic medical practice] : 14.00.24 : dissertation for the degree of Doctor of Medical Sciences / V.I. Gaivoronskaya. — M., 2001. — 306 p. [in Russian]
5. Dobrovolsky G.F. Topograficheskoy obosnovanie kompleksnoj sudebno-medicinskoj ocenki sistemy likvoroobrashhenija pri travmaticheskom povrezhdenii golovnoho mozga [Topographic substantiation of a comprehensive

forensic medical assessment of the cerebrospinal fluid circulation system in traumatic brain injury] : 14.00.24 : abstract. diss. Doctor of Medical Sciences / G.F. Dobrovolsky. — M., 2003. — 39 p. [in Russian]

6. Zuev A.L. Izuchenie ionnyh, molekulyarnyh i kletchnyh mehanizmov formirovaniya jelektricheskogo impedansa v biologicheskikh zhidkostjakh i tkanjakh [The study of ionic, molecular and cellular mechanisms of electrical impedance formation in biological fluids and tissues] / A.L. Zuev, V.Yu. Mishlanov, A.I. Sudakov [et al.] // Vestnik Permskogo nauchnogo centra URO RAN [Bulletin of the Perm Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. — 2014. — № 2. — P. 69–78. [in Russian]

7. Pikalyuk V.S. Likvor kak gumoral'naja sreda organizma [Liquor as a humoral environment of the body] / V.S. Pikalyuk, E.Y. Bessalova, V.V. Tkach [et al.]. — Simferopol : Arial, 2010. — 192 p. [in Russian]

8. Mainovskaya O.A. Sudebno-medicinskaja ocenka cherepno-mozgovej travmy u zhivyh lic po kristallograficheskim harakteristikam spinnomozgovej zhidkosti [Forensic medical assessment of traumatic brain injury in living persons according to the crystallographic characteristics of cerebrospinal fluid] : 14.00.24 : abstract. dis. ... for the degree of Candidate of Medical Sciences / O.A. Mainovskaya. — M., 2001. — 21 p. [in Russian]

9. Sarsenov T.K. Sudebno-medicinskaja ocenka cherepno-mozgovej travmy v sudebnoj medicine [Forensic medical assessment of traumatic brain injury in forensic medicine] / T.K. Sarsenov // Nauka i zdravoohranenie [Science and Healthcare]. — 2013. — № 4. — P. 66–68. [in Russian]

10. Darius A.A. Sosudistye spletenija zheludochkov golovnogogo mozga i ih nervnyj apparat na jetapah ontogeneza [Vascular plexuses of the ventricles of the brain and their nervous apparatus at the stages of ontogenesis] / A.A. Darius, V.T. Zitsa, I.M. Katerenyuk [et al.] // Morfologija [Morphology]. — 2014. — Vol. 145. — № 3. — P. 67. [in Russian]

11. Chumutin A.N. Issledovanie impedansa likvora dlja postmortal'noj ocenki davnosti cherepno-mozgovej travmy [Investigation of cerebrospinal fluid impedance for postmortem assessment of the prescription of traumatic brain injury] / A.N. Chumutin // Molodaja nauka – prakticheskomu zdravoohraneniju [Young science for practical healthcare]. — Perm : PSMU. — 2019. — P. 43–44. [in Russian]

12. Shuvalova M.S. Sosudistoe spletenie zheludochkov golovnogogo mozga [Vascular plexus of the ventricles of the brain] / M.S. Shuvalova, Yu. Kh.-M. Shidakov, A.S. Shakhnazarov // Vestnik KRSU [Bulletin of the KRSU]. — 2022. — Vol. 22. — № 5. — P. 159–166. [in Russian]

13. Brown P.D. Molecular mechanism of cerebrospinal fluid production / P.D. Brown, S.L. Davies, I. Speke [et al.] // Neuroscience. — 2004. — № 129 (4). — P. 957–970.

14. Rothfus W.E. Calloso marginal infarction secondary to transfalcial herniation / W.E. Rothfus, A.L. Goldberg, J.H. Tabaas [et al.] // AJNR. — № 8. — P. 1073–1076.

15. VanDongen K.J. The prognostic value of computerized tomography in comatose head-injured patients / K.J. VanDongen, R. Braakman, G.J. Gelpke // J. Neurosurg. — 1983. — № 59. — P. 951–957.