

П.Г. Грузин¹, В.А. Сороковиков^{2,3}, В.А. Семибратова⁴

**УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ АБСОРБЦИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ
ЦЕРЕБРОСПИНАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ.
ЧАСТЬ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГЛОЩАЮЩИХ СПЕКТРОВ И НОРМАТИВНЫЕ
ДАННЫЕ СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БЕЛКА ЦЕРЕБРОСПИНАЛЬНОЙ
ЖИДКОСТИ ПАЦИЕНТОВ БЕЗ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА,
СПИННОГО МОЗГА И ЕГО КОРЕШКОВ**

¹ Областная детская клиническая больница (Иркутск)

² Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии СО РАМН (Иркутск)

³ Иркутский государственный институт усовершенствования врачей (Иркутск)

⁴ Иркутский государственный университет (Иркутск)

Проведено исследование цереброспинальной жидкости методом ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии у 15 лиц без заболеваний позвоночника, спинного мозга и его корешков (11 мужчин, 4 женщины) в возрасте от 17 до 43 лет, в которую вошли пациенты с травмой опорно-двигательного аппарата с давностью от двух недель до двух лет. Проведенное исследование позволило выявить два типа дифференциальных спектров поглощения. Разработана методика описания поглощающего спектра и изучен набор нормативных данных спектра поглощения цереброспинальной жидкостью. Был вычислен средний дифференциальный спектр поглощения цереброспинальной жидкости первого и второго типа. Данные о характерных полосах поглощения и значения интеграла от коэффициента поглощения лиц группы контроля были приняты за норму.

Ключевые слова: цереброспинальная жидкость, ликвор, патология позвоночника, ультрафиолетовая спектроскопия

**ULTRAVIOLET ABSORPTION SPECTROSCOPY OF CEREBROSPINAL FLUID.
PART I. CHARACTERISTICS OF ABSORBING SPECTRUM AND NORMATIVE DATA
OF SPECTROSCOPY AT THE STUDY OF CEREBROSPINAL FLUID ALBUMEN
OF PATIENTS WITHOUT DECEASES OF SPINE, SPINAL CORD AND ITS ROOTS**

P.G. Gruzin¹, V.A. Sorokovikov^{2,3}, V.A. Semibratova⁴

¹ Regional Children's Clinical Hospital, Irkutsk

² Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS, Irkutsk

³ Irkutsk State Institute of Physicians' Advanced Training, Irkutsk

⁴ Irkutsk State University, Irkutsk

We carried out the study of cerebrospinal fluid by the method of ultraviolet absorption spectroscopy in 15 patients without deceases of spine, spinal cord and its roots (11 men, 4 women) of 17–43 years with trauma of musculoskeletal system with prescription from 2 weeks to 2 years. The study allowed to discover two types of differential absorbing spectra. The methodology of description of absorbing spectrum was developed and the set of normative data of absorbing spectrum of cerebrospinal fluid was studied. Average differential absorbing spectrum of cerebrospinal fluid of first and second types was calculated. Data of typical absorption bands and values of integral of absorption factor of patients of following group was accepted as a norm.

Key words: cerebrospinal fluid, liquor, spine pathology, ultraviolet spectroscopy

Исследование патогенеза многих заболеваний требует определения содержания веществ в биологических жидкостях и их физико-химические свойства. Признанно, что пространство, заполненное цереброспинальной жидкостью, является непосредственным продолжением внеклеточного, перикапиллярного и периваскулярного пространства мозга. Патологические изменения, происходящие в центральной нервной системе, отражаются в изменениях составных компонентов ликвора [2, 6, 13, 14].

Спектроскопия — область физики, в которой исследуются физические процессы, происходящие при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом, и определения зависимости интенсивности излучения от длин волн или частот.

Методами спектроскопии регистрируют структуру квантовых уровней вещества и их свойства, по этим параметрам определяют свойства вещества [1, 11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью изучения нормального поглощающего спектра цереброспинальной жидкости и разработки набора нормативных данных ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии ликвора на имеющейся аппаратной базе с использованием единой методики было проведено исследование цереброспинальной жидкости методом ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии у 15 лиц без заболеваний позвоночника, спинного мозга и его корешков (11 мужчин, 4 женщины) в возрасте

от 17 до 43 лет, составивших группу контроля, в которую вошли пациенты с травмой опорно-двигательного аппарата с давностью от двух недель до двух лет. Забор ликвора осуществлялся при проведении люмбальной пункции и спинальной анестезии перед плановой операцией. Кроме того, лица группы контроля до проведения люмбальной пункции не получали медикаментозное и физиотерапевтическое лечение. Значения белка цереброспинальной жидкости у пациентов группы контроля колебались от 0,15 до 0,37 г/л. Среднее значение составило $0,25 \pm 0,3$ г/л.

Применение метода ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии цереброспинальной жидкости включало: разработку методов регистрации, математического анализа спектров поглощения, определения параметров интенсивной и малоинтенсивной полос поглощения. Для проведения исследования требуется 0,05 мл цереброспинальной жидкости.

1. Метод регистрации спектров поглощения цереброспинальной жидкости в ультрафиолетовой (УФ) области.

Измерение спектров поглощения производилось на экспериментальном спектрально-вычислительном комплексе, управляемом персональным компьютером в DOS-режиме программой, написанной для «Электроники ДЗ-28» и эмулированной для IBM-совместимого компьютера. Связь комплекса с компьютером производилась через ISA-шину с помощью специально сконструированной платы связи с периферийными устройствами. В схеме комплекса имеется магистральный расширитель, обеспечивающий связь с серией интерфейсных плат. Самостоятельными элементами схемы являются: блок питания фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), фотоприемник ФЭУ-100 и усилитель постоянного тока. Со спектрами, введенными в запоминающее устройство компьютера, производились операции поточечного сложения, вычитания, умножения, деления и логарифмирования с выводом результатов на экран компьютера или принтер. Вывод данных спектров поглощения цереброспинальной жидкости осуществлялся в виде графика в координатах: коэффициент поглощения (Δk) / длина волны (λ , нм) или энергетическая шкала (ν (см^{-1})). Коэффициент поглощения (Δk) цереброспинальной жидкости в ультрафиолетовом диапазоне спектра изменяется в больших пределах от $0,1 \text{ см}^{-1}$ до $> 500 \text{ см}^{-1}$, что обусловлено различной структурой квантовых уровней, возникающих в момент электронных переходов в атомах и молекулах, при исследовании цереброспинальной жидкости разводили водой. Это сделано для качественной записи спектра поглощения цереброспинальной жидкости.

2. Метод математического анализа слабо-структурированных спектров поглощения цереброспинальной жидкости, позволяющий выделить характерные полосы поглощения и вычислить коэффициент поглощения для каждой из этих полос.

Для записи коротковолновой области спектра (190 – 240 нм), с высоким Δk , использовалось раз-

ведение ликвора водой 1:100, длинноволновой области (241 – 360 нм), с более низким коэффициентом поглощения – 1:20. Полученный после умножения на величину разведения спектр представлял собой зависимость коэффициента поглощения (Δk , см^{-1}) от длины волны (λ , нм) и содержал интенсивную и малоинтенсивную полосы поглощения (9, 10). Спектр поглощения анализировали в энергетической шкале волновых чисел (ν (см^{-1})) по формуле $\nu = 1/\lambda$, где λ – длина волны в сантиметрах. Так как область исследования расположена в длинноволновой части ультрафиолетового спектра, перевод спектра поглощения цереброспинальной жидкости осуществлялся в диапазоне от 200 нм ($\nu = 50000 \text{ см}^{-1}$) до 360 нм ($\nu \approx 28000 \text{ см}^{-1}$). В результате ряда математических действий был получен дифференциальный спектр, в котором и определялись полосы поглощения, а также дополнительные максимумы Δk (см^{-1}).

3. Метод определения параметров интенсивной и малоинтенсивной полос поглощения цереброспинальной жидкости.

В интенсивной полосе спектра коэффициент поглощения Δk (см^{-1}) определялся по формуле Бугера-Ламберта-Бэра

$$I = I_0 e^{-kl}$$

где I_0 – падающая интенсивность излучения с длиной волны λ на измеряемый образец (кювету с жидкостью), I – интенсивность излучения с этой же длиной волны на выходе из образца, $e = 2,71828...$ – основание натурального логарифма, l – длина оптического пути в образце (толщина слоя) (см).

Коэффициент поглощения является информативной величиной, т.к. он пропорционален концентрации N поглощающего вещества, которая измеряется количеством молекул в 1 см^3 (см^{-3})

$$k = \sigma N,$$

где коэффициент пропорциональности σ – эффективное сечение поглощения молекул исследуемого вещества (см^2), является постоянной величиной для данного квантового перехода.

Эффективное сечение поглощения характеризует некоторую условную площадь, занимаемую атомом или молекулой.

Параметры малоинтенсивной полосы поглощения определялись после вычитания моделированного спада интенсивной полосы из общего спектра. Положение максимума малоинтенсивной полосы находили при проведении касательной, параллельной моделированному спаду интенсивной полосы к этому участку спектра. Максимум коэффициента поглощения (Δk_{max}) измеряли от точки максимума малоинтенсивной полосы до моделированного спада интенсивной полосы (9).

РЕЗУЛЬТАТЫ

УФ спектр поглощения в шкале волновых чисел (ν (см^{-1})) во всех случаях имел одинаковую форму и представлял собой плавно убывающую по экспоненте кривую в области наиболее интенсив-

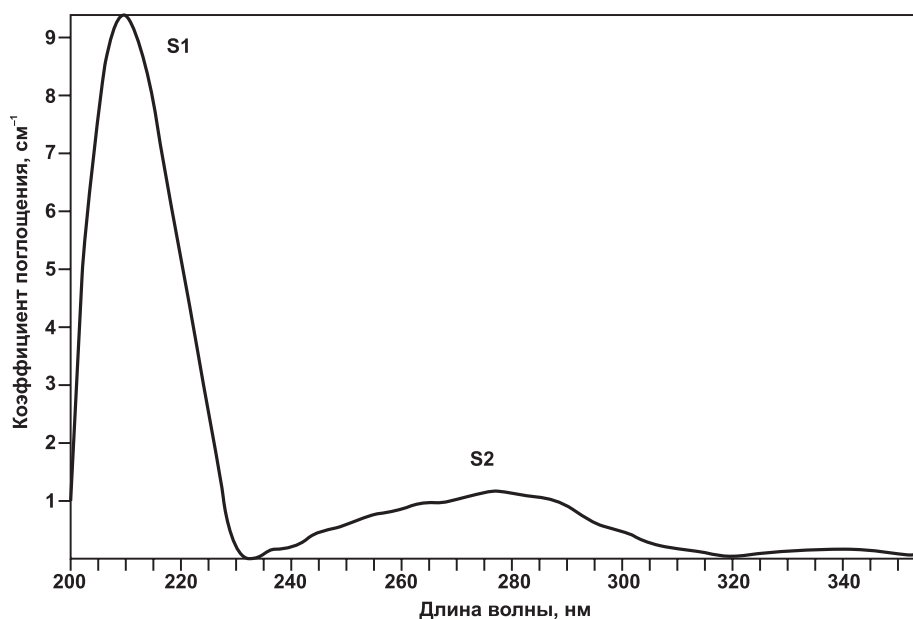


Рис. 1. Дифференциальный спектр поглощения ликвора. Тип 1. Больной К., 26 лет, диагноз: Закрытый вывих правого бедра, перелом костей таза справа.

ной части спектра (200–240 нм), с дополнительным максимумом в области 240–320 нм. Для выделения полос поглощения, составляющих спектр, и определения их интенсивности, проводился ряд математических операций. Анализ дифференциальных спектров поглощения цереброспинальной жидкости выявил обязательное наличие в каждом спектре двух основных широких полос поглощения (первая – в коротковолновой, вторая – в длинноволновой областях) с минимальным значением Δk , см^{-1} спектра в области 43000–41000 см^{-1} (232–243 нм). Основным выделенным полосам спектра присвоили буквенное значение S (strip – полоса) и индекс, обозначающий порядок его следования: S1, S2. При качественном анализе дифференциальных спектров поглощения у лиц группы контроля были выделены два характерных типа спектров – типы 1 и тип 2.

Первый тип дифференциального спектра поглощения (рис. 1) (6 случаев) характеризуется наличием двух отчетливо выраженных широких полос поглощения: первая полоса (S1) – в области от 200 нм до 232–243 нм с максимальным значением Δk_{max} S1 от 6,25 до 9,41 см^{-1} на длинах волн 209–211 нм; вторая полоса (S2) – в области от 232–240 нм до 320 нм с максимальным значением Δk_{max} S2 от 1,15 до 2,84 см^{-1} на длинах волн 275–279 нм.

В дифференциальном спектре поглощения цереброспинальной жидкости второго типа (рис. 2) (9 случаев) также выявлялись две широкие полосы поглощения: S1 находилась в области от 200–209 нм до 232–250 нм и имела максимальные значения Δk_{max} S1 от 1,2 до 7,0 см^{-1} на длинах волн 219–221 нм; S2 – в области от 232–240 нм до 320 нм с максимальным значением Δk_{max} S2 от 1,42 до 2,8 см^{-1} на длинах волн 273–279 нм. Был вычислен средний

дифференциальный спектр поглощения цереброспинальной жидкости первого и второго типа лиц группы контроля. Спектр первого типа содержит полосы поглощения с максимумами на длинах волн – S1: 209–211 нм ($\Delta k = 8,0 \pm 1,24 \text{ см}^{-1}$), S2: 275–279 нм ($\Delta k = 1,76 \pm 0,58 \text{ см}^{-1}$), дополнительный максимум: 260 нм ($\Delta k = 1,19 \pm 0,56 \text{ см}^{-1}$). Спектр второго типа содержит полосы поглощения с максимумами на длинах волн – S1: 219–221 нм ($\Delta k = 4,36 \pm 2,08 \text{ см}^{-1}$), S2: 273–279 нм ($\Delta k = 2,17 \pm 0,48 \text{ см}^{-1}$), дополнительный максимум: 265 нм ($\Delta k = 1,95 \pm 0,62 \text{ см}^{-1}$). Вычисление площади полос поглощения полученных спектров проводилось по формуле Симпсона. Интеграл от коэффициента поглощения $\int k(\nu) d\nu$ (см^{-2}) характеризует концентрацию веществ в цереброспинальной жидкости (функция $f(x)$ соответствует $k(\nu)$).

Спектры первого и второго типов отличались положением максимума S1 (смещением в сторону длинноволновой области на 10 нм без заметного смещения самой полосы S1 в спектре второго типа) и выявлением в спектре второго типа более низких значений Δk_{max} S1, более высоких – Δk_{max} S2, чем в спектре первого типа. Значения Δk_{λ} цереброспинальной жидкости в спектрах 1 и 2 типа имели статистически достоверные различия в области 200–215 нм ($p < 0,001$; $p < 0,01$) и 235–255 нм ($p < 0,001$; $p < 0,01$). Статистически достоверные различия ($p < 0,02$) имели и максимальные значения Δk_{max} , см^{-1} обоих спектров в коротковолновой области (200–240 нм). Площадь ($\int k(\nu) d\nu$ (см^{-2})) первой полосы поглощения (200–240 нм) в спектре первого типа была достоверно больше ($p < 0,02$), чем в спектре второго типа.

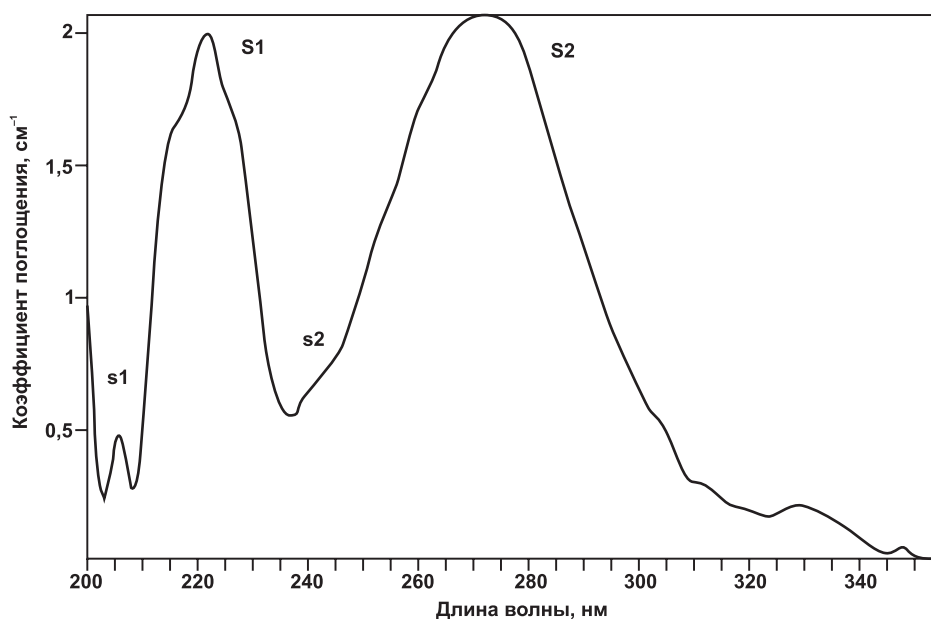


Рис. 2. Дифференциальный спектр поглощения ликвора. Тип 2. Большой Г., 28 лет, диагноз: Консолидирующий перелом наружной лодыжки без смещения, наружный подвывих стопы, комбинированная контрактура левого голеностопного сустава.

Данные о характерных полосах поглощения и значения интеграла от коэффициента поглощения лиц группы контроля были приняты за норму.

ОБСУЖДЕНИЕ

Световая волна состоит из взаимно перпендикулярных электрического и магнитного полей, амплитуды которых по мере распространения в пространстве изменяются по синусоиде. Когда световая волна сталкивается с молекулой, она может либо рассеиваться (т.е. изменяется направление ее распространения), либо поглощаться (т.е. ее энергия передается молекуле). Относительная вероятность протекания того или иного процесса является свойством той молекулы, с которой произошло столкновение. Изменение энергетического состояния при испускании или поглощении кванта называется переходом. Оптические спектры атомов связаны с квантовыми переходами электронов внешней электронной оболочки. При объединении атомов в молекулу обобществленные (валентные) электроны образуют внешнюю оболочку и остаются ответственными за оптические спектры (5).

Различают молекулярные орбитали σ - и π -типа. Орбиты обоих типов могут быть связывающими σ и π (с объединением атомов) и разрыхляющими (с разъединением атомов). Поглощение кванта излучения сопровождается переходом со связывающей σ - или π -орбитали на разрыхляющую (σ^* или π^*). В связи с этим различают $\sigma\text{-}\sigma^*$ и $\pi\text{-}\pi^*$ переходы. Не участвующие в образовании химических связей электроны неподеленных пар (например, $2s^2$ у азота) образуют несвязывающие n -орбитали. В основном состоянии σ -, π - и n -орбитали обычно заняты электронами, а σ^* - и π^* -орбитали свободны. Поглощение света происходит в результате перехо-

дов с занятых орбиталей на свободные. Переходы $\pi\text{-}\pi^*$ происходят в молекулах с сопряженными связями и в ароматических молекулах. Они связаны с поглощением в видимой области спектра или в ближней ультрафиолетовой области. Переходы $n\text{-}\sigma^*$ и $n\text{-}\pi^*$ происходят в молекулах, содержащих гетероатомы (N, O, S и т. п.). Для биологических макромолекул типичны переходы в дальней ультрафиолетовой области спектра [5, 8].

Ультрафиолетовое излучение — это электромагнитное излучение. Область ультрафиолетового излучения делится на ближнюю (400 — 300 нм), дальнюю (300 — 200 нм) и вакуумную область (200 — 50 нм). Электронные переходы полипептидных и полинуклеотидных цепей и, тем самым, белков и нуклеиновых кислот расположены в ультрафиолетовой области спектра. Полосы поглощения пептидной связи — CO — NH — лежат в области 185 — 240 нм, здесь же и в более коротковолновой области расположены полосы поглощения алифатических боковых цепей аминокислотных остатков. В области 200 — 230 нм и 270 — 300 нм поглощение белка обусловлено в основном ароматическими аминокислотами, а в области 240 — 250 нм — сульфгидрильными (-SH) и дисульфидными (-SS-) группами цистеина и цистина. А исследование поглощения аминокислот показывает (12), что триптофан имеет Δk_{max} около 280 нм, тирозин 290 нм, а фенилаланин 250 нм, причем на длинах волн более 300 нм поглощения приближаются к нулю. Азотистые основания в нуклеиновых кислотах поглощают в области 260 нм (3, 4, 5, 7).

Спектр поглощения хромофора определяется химической структурой молекулы. Однако положение максимума полосы и ее полуширина претерпевают заметные изменения под влиянием

окружения. Молекула или часть молекулы, которая может быть возбуждена посредством поглощения света в ультрафиолетовой области, называется хромофором. Хромофоры – это функциональные группы, которые поглощают электромагнитное излучение.

Выделение двух типов спектров здоровых людей потребовало изучения возможности формирования этих типов под влиянием факторов, определяющих изменения абсорбционных свойств хромофора. Влияние pH раствора на изменение вида спектра преобладает у ионизируемых молекул. Растворение вещества приводит к подавлению его молекулярных колебаний. При увеличении полярности растворителя максимум поглощения сдвигается в длинноволновую сторону. Поэтому, чтобы полосы как можно меньше перекрывались, используется растворитель с малой диэлектрической постоянной. Увеличение упорядоченности взаимного расположения молекул приводит к уменьшению полуширины полос поглощения.

Происхождение двух широких полос поглощения в дифференциальном спектре поглощения объясняется существованием в регулярной совокупности тождественных светопоглощающих (хромофорных) групп между их возбужденными энергетическими уровнями может происходить резонансная передача энергии возбуждения (экситон). В результате резонансного взаимодействия энергетические уровни расщепляются, и образуется широкая зона. Для перехода $\pi_1-\pi^*$ в α -спирали благодаря экситонному расщеплению полоса 190 нм расщепляется на две, одна из которых поляризована вдоль оси спирали, а вторая перпендикулярна ей ($\Delta\nu \approx 10$ нм) (4, 5, 7, 12).

Детальный анализ спектров позволяет утверждать, что при проведении исследования был обнаружен так называемый гипохромный эффект, т.е. были получены спектры белка в различных состояниях конформационных изменений – в форме двойной спирали или в состоянии статистического клубка. Изменение конформационного состояния биополимера может сопровождаться значительным изменением интенсивности поглощения, при этом соотношение интенсивностей пиков, их положение и сама форма спектра изменяются незначительно. Одной из причин снижения интенсивности поглощения (Δk (см⁻¹)) при гипохромном сдвиге является изменение направления моментов квантовых переходов мономерных остатков биополимеров, сопровождающее переход к другой конформации.

Обнаруженную в исследовании закономерность соотношения значений Δk_{max} в полосах S1 и S2 спектров первого и второго типа (в спектре первого типа Δk_{max} S1 больше, а Δk_{max} S2 меньше, чем в спектре второго типа), по данным Д. Фрайфельдер (12), можно объяснить явлением резонансного взаимодействия, которое приводит к перераспределению интенсивности спектральных полос. По данным Д. Фрайфельдер (12) и Л.И. Карнауховой,

Е.Н. Тупицыной (5), именно гипохромизм наблюдается в спектрах α -спиральных полипептидов и белков, а также двуспиральных нуклеиновых кислот.

Обнаружение двух типов спектра поглощения объясняется гипохромной теорией: конформационные изменения белка ликвора могут сопровождаться изменениями λ_{max} в пределах от 209 – 211 нм до 219 – 221 нм. Этот факт подтверждает наличие значений λ_{max} в области 212 – 218 нм в спектрах обоих типов. То есть зарегистрированные два типа спектра могут характеризовать два крайних варианта λ_{max} конформационного состояния белка ликвора – 209 – 211 нм и 219 – 221 нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование цереброспинальной жидкости методом ультрафиолетовой абсорбционной спектроскопии у лиц без заболеваний позвоночника, спинного мозга и его корешков, составивших группу контроля, позволило выявить два типа дифференциальных спектров поглощения. Различия в выявленных паттернах заключаются в следующем. Спектр первого типа характеризуется более высокими значениями Δk_{max} в полосе S1 и более низкими значениями Δk_{max} в полосе S2. Кроме того, максимум коэффициента поглощения Δk_{max} полосы S1 в спектре первого типа находится в области 209 – 211 нм, а в спектре второго типа – 219 – 221 нм. При этом в спектре второго типа значения Δk_{max} S1 в ряде случаев были меньше значений Δk_{max} S1 спектра первого типа, а значения Δk_{max} S2 – больше. Колебания значений Δk_{max} составили: S1_{209–211 нм} от 6,25 до 9,41 см⁻¹, S1_{219–221 нм} от 1,2 до 7,0 см⁻¹; S2_{275–279 нм} от 1,15 до 2,84 см⁻¹ и S2_{273–279} от 1,42 до 2,8 см⁻¹. В спектре 1 типа Δk_{max} см⁻¹ в коротковолновой области (площадь первой полосы поглощения (200 – 240 нм) была достоверно больше ($p < 0,02$), чем в спектре 2 типа. Сделано предположение, что выявленные два типа спектра являются крайними вариантами изменений λ_{max} , связанными с различными конформационными состояниями белка цереброспинальной жидкости в норме.

Таким образом, нами разработана методика описания поглощающего спектра и изучен набор нормативных данных спектра поглощения цереброспинальной жидкости лиц группы контроля. Был вычислен средний дифференциальный спектр поглощения цереброспинальной жидкости первого и второго типа, который имел следующие характеристики: первый тип – S1: λ_{max} 209 – 211 нм ($\Delta k = 8,0 \pm 1,24$ см⁻¹), S2: λ_{max} 275 – 279 нм ($\Delta k = 1,76 \pm 0,58$ см⁻¹), дополнительный максимум: 260 нм ($\Delta k = 1,19 \pm 0,56$ см⁻¹); второй тип – S1: λ_{max} 219 – 221 нм ($\Delta k = 4,36 \pm 2,08$ см⁻¹), S2: λ_{max} 273 – 279 нм ($\Delta k = 2,17 \pm 0,48$ см⁻¹), дополнительный максимум: 265 нм ($\Delta k = 1,95 \pm 0,62$ см⁻¹). Вычисление площади полос поглощения полученных спектров проводилось по формуле Симпсона. Интеграл от коэффициента поглощения $\int k(\nu) d\nu$ (см⁻²) характеризует концентрацию ве-

ществ в цереброспинальной жидкости (функция $f(x)$ соответствует $k(v)$). Данные о характерных полосах поглощения и значения интеграла от коэффициента поглощения лиц группы контроля были приняты за норму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая Советская Энциклопедия. — 1976. — Т. 24, Кн. 1. — С. 297–299 (879–885), 303 (895–896), 305 (902–903).

2. Бредбери М. Концепция гематоэнцефалического барьера ; пер. с англ. — М. : Медицина, 1983. — 480 с.

3. Бродский В.Я., Лимаренко И.М. Определение тирозина и триптофана в растворах белков и на срезах ткани по измененным спектрам поглощения в ультрафиолетовых лучах // Доклады академии наук СССР. — 1954. — Т. ХСV, № 2. — С. 313–316.

4. Гиллем А., Штерн Е. Электронные спектры поглощения органических соединений ; пер. с англ. Б.А. Пентина ; под ред. Л.А. Блюменфельда. — М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1957. — 387 с.

5. Карнаухова Л.И., Тупицын Е.Н. УФ-спектроскопия биологических макромолекул: учебно-метод. пособие. — Саратов, 2002. — 15 с.

6. Конопелько Г.Е. Спинномозговая жидкость: образование, циркуляция, отток. — Мн. : МГМИ, 2000. — 19 с.

7. Мейстер Т.Г. Электронные спектры многоатомных молекул. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1969. — 206 с.

8. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. — М. : Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. — 683 с.

9. Титов Ю.М. и др. Спектроскопические исследования цереброспинальной жидкости // Люминесценция и сопутствующие явления : тез. лекций и докл. VII Всерос. школы-семинара. — Иркутск, 2001. — С. 80–81.

10. Титов Ю.М. и др. Ультрафиолетовое поглощение и окислительная хемилюминесценция ликвора. Результаты исследований ликвора пациентов НКО нейрохирургии НЦРВХ ВСНЦ СО РАМН. — Иркутск, 2001. — 41 с.

11. Физическая энциклопедия. — 1994. — Т.4. — С. 617–620, 625, 628–629.

12. Фрайфелдер Д. Физическая биохимия: Применение физико-химических методов в биохимии и молекулярной биологии / Пер. с англ. Е.С. Громовой, С.В. Яроцкого / Под ред. З.А. Шабаровой. — М.: Мир, 1980. — 582 с.

13. Цветанова Е.М. Ликворология / пер. с болг. — 2-е изд., перераб., с доп. — Киев: Здоров'я, 1986. — 372 с.

14. Cserr H.F. Relationship between cerebrospinal fluid and interstitial fluid of brain // Fed. Proc. — 1974. — Vol. 33, N 9. — P. 2075–2078.

Сведения об авторах

Грузин Павел Григорьевич – врач нейрохирургического отделения Иркутской областной детской клинической больницы (664022, г. Иркутск, б-р Гагарина, д. 4; тел.: 8 (3952) 24-24-44).

Сорокоиков Владимир Алексеевич – доктор медицинских наук, заместитель директора по науке Научного центра реконструктивной и восстановительной хирургии СО РАМН – директор Института травматологии и ортопедии НЦРВХ СО РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, д. 1; тел.: 8 (3952) 29-03-36; e-mail: vasorokovikov@mail.ru).

Семибратова Виктория Александровна – старший преподаватель Иркутского государственного университета (664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 3; тел.: 8 (3952) 24-21-63).