УДК 615.47

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И КОРРЕКЦИОННЫХ ПОДХОДОВ

[1]Яскин Е.Г., [2]Каторгина Г.И., [3]Пермяков С.А., [2]Бойко И.П.

[1]МУЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи», Владимир;
[2]ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: ivanboiko40@mail.ru;
[3]ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: kafbmi@mail.ru

Показано, что биотехнические методы обследования позволяют медицинскому персоналу в кратчайшие сроки получить адекватную информацию при минимальном отрицательном воздействии на организм пациента. Одной из тенденций в современной фармакологии является использование препаратов, которые или естественным образом вырабатываются в организме человека, или являются компонентом естественного рациона, что снижает риск побочных явлений от их применения. Проведен анализ технических возможностей комбинированного метода коррекции церебральной гемодинамики и микроциркуляции крови на основе теории раздельного капиллярного кровотока с использованием стандартного аппаратно-программного комплекса лазерной доплеровской флоуметрии «ЛАКК-02», электроэнцефалографа «Телепат-104Р» и физиотерапевтическим аппаратом для стимуляции активности головного мозга «ТРАНСАИР-02». Описаны основные положения теории раздельного капиллярного кровотока. Приведено техническое обоснование выбранных методик и параметров комплексного подхода. Технические аспекты, описанные авторами, облегчают дальнейшее внедрение и развитие диагностической и коррекционной методики.

Ключевые слова: ТРАНСАИР-02, раздельный капиллярный кровоток, церебральная гемодинамика, коррекция

TECHNICAL CAPABILITIES OF MODERN DIAGNOSTIC AND CORRECTIONAL APPROACHES

[1]Yaskin E.G., [2]Katorgina G.I., [3]Permyakov S.A., [2]Boiko I.P.

[1]MUZ «Municipal clinical emergency hospital», Vladimir;
[2]FGOU VPO «Vladimir State University named after Alexandr and Nikolai Stoletovs», Vladimir, e-mail: ivanboiko40@mail.ru;
[3]FGOU VPO «Vladimir State University named after Alexandr and Nikolai Stoletovs», Vladimir, e-mail: kafbmi@mail.ru

For medical staff the biotechnical methods of investigation enable obtaining of the adequate information with minimal hurt for the patient within the shortest possible period of time. One of the modern tendency in pharmacology is an application of preparations, which are naturally produced in organism or the component of essential dietary intake, that could reduce the risk of adverse effects of these preparations. We carried out the analysis of technical capabilities of correctional method of cerebral hemodynamics and blood microcirculation, based on theory of separate capillary blood-flow, using «LAKK-02» standard hardware and software complex of laser Doppler flowmetry, «Telepat-104P» electroencephalograph, and «TRANSAIR-02» physiotherapeutic apparatus for cerebral stimulation. In this paper the terms of separate capillary blood-flow theory are described. The selected methods and parameters of this complex approach are technically validated. Technical aspects, described by the authors, provide the further implementation and development of diagnostic and correctional method.

Keywords: TRANSAIR-02, separate capillary blood-flow, cerebral hemodynamics, correction

Сегодня одна из современных тенденций в медицине это – применение технических средств (диагностических и физиотерапевтических), что позволяет минимизировать фармакологическое воздействие на организм.

Биотехнические методы обследования позволяют медицинскому персоналу в кратчайшие сроки получить адекватную информацию при минимальном отрицательном воздействии на организм пациента. Одной из тенденций в современной фармакологии является использование препаратов, которые или естественным образом вырабатываются в организме человека, или являются компонентом естественного рациона, что снижает риск побочных явлений от их применения.

Цель работы: исследование возможностей технических методов диагностики и коррекции церебральной гемодинамики и раздельного капиллярного кровотока с помощью транскраниальной стимуляции головного мозга в комплексе с витамином РР и эскузаном.

Методика изучения церебральной гемодинамики

Современные методы исследования мозгового кровообращения человека должны отвечать множеству требований: безопасность, неинвазивность, атравматичность, информативность, простота технической реализации. Ведущим методом оценки мозгового кровообращения является реоэнцефалография[1].

Для нейтрализации емкостного сопротивления, уменьшения импеданса покровных тканей, стабилизации электропроводности в данном методе используются токи высокой частоты (30–175 кГц) и малой силы (от 1 до 10 мА) [1, 8, 10].

Реоэнцефалография как метод изучения мозгового кровообращения имеет ряд особенностей. Во-первых, объект исследования – сосудистая система головного мозга расположена в герметически закрытой и ригидной черепной коробке. Во-вторых, исследование церебральной гемоциркуляции накожными электродами через мягкие ткани и кости ставит вопрос о степени влияния на формирование реоэнцефалограмм экстракраниального кровотока. В-третьих, влияние ликвора на формирование реоэнцефалограммы [8].

Реоэнцефалография позволяет получить информацию о состоянии артериального и венозного мозгового кровотока в каждом из сосудистых бассейнов головного мозга в отдельности справа и слева. Амплитуда пульсовой волны РЭГ является показателем пульсового кровенаполнения, у здоровых молодых людей в среднем составляет 0,15 Ом полушарной РЭГ и 0,09 Ом затылочной РЭГ [2].

Показатели мозговой гемоциркуляции регистрируются при помощи аппарата «Телепат-104Р» (г. Санк-Петербург) в четырех стандартных отведениях:

- *фронто-мастоидальных* (FM) слева и справа, позволяющих регистрировать кровоток в бассейне внутренних сонных артерий;
- *окципито-мастоидальных* (OM) слева и справа, информирующих об уровне кровоснабжения в бассейне позвоночных артерий.

В исследовании используются 6 электродов округлой формы, диаметром 1,5 см^2 и толщиной 3 мм. По одному электроду накладывали на расстоянии 1,0–1,5 см над надбровными дугами (Fs и Fd). Другие два укрепляли на область сосцевидного отростка с каждой стороны (Ms и Md) и по одному электроду слева и справа от края большого затылочного отверстия (Os и Od).

Выбор показателей обуславливается их информативностью, нечувствительностью к различным видам артефактов и надежностью в оценке характера мозгового кровотока и тонуса сосудов различного калибра [1, 8, 10].

Методика изучения раздельного капиллярного кровотока

Для оценки состояния кровотока в микрососудах все большее применение находит методика лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ).

В современных ЛДФ-аппаратах оптически зондируемый объем ткани (для длины волны света 0,63 мкм) не превышает 1 мм^3. Как показывают расчеты, в коже в области пальцев кисти в этом объеме ткани одномоментно присутствует порядка $3{,}5\cdot10^4$ эритроцитов, движущихся по 200 микрососудам: примерно 20 артериол, 100 капилляров, 40 посткапиллярных венул и 30 венул [4, 5].

Всем современным техническим требованиям отвечает отечественный флоуметр «ЛАКК-02» (НПО «Лазма»). В приборе используется излучение гелий-неонового лазера в красном и инфракрасном диапазонах, позволяющее проникать в поверхностные слои тканей на глубину 3 мм. Аппарат обеспечивает определение показателя капиллярного кровотока в диапазоне скоростей от 0,03 до 6 мм/с.

Благодаря работам [2, 3, 9] разрабатывается концепция о разделении кровотока на артериокапиллярный кровоток и капилляровенулярный кровоотток. Прибор ЛАКК-02 позволяет программно осуществлять данную концепцию. В результате предлагается модель, основанная на выделении двух видов кровотока: артериокапиллярного и капилляровенулярного, каждому из которых соответствует свой диапазон значений показателя микроциркуляции. Обработанная ЛДФ-грамма позволяет оценить скорость каждого из видов кровотока [5].

В настоящее время разработаны компоненты, выполняющие обработку сигналов методами: преобразования Фурье, фильтров Батерворта, вейвлет-анализа и математической статистики.

В процессе рассмотрения диагностической системы был разработан метод, который позволяет качественно оценить распределение скоростей движения эритроцитов по капиллярам, что даёт исследователю возможность определить состояние микроциркуляционного русла отдельно по артериолярной и венулярной составляющим.

Пусть N общее число отсчётов сигнала $x(t)$ полученного в результате ЛДФ обследования, M количество отсчетов входа в сигнал значения x_i. Тогда для дискретной величины показателя микроциркуляции (ПМ):

$$\mathrm{P}\{\text{ПМ} = x_i\} = \frac{M}{N} = p,$$

характерна и функция распределения

$$F_{\text{ПМ}}(X) = \sum_{x_i < x} p.$$

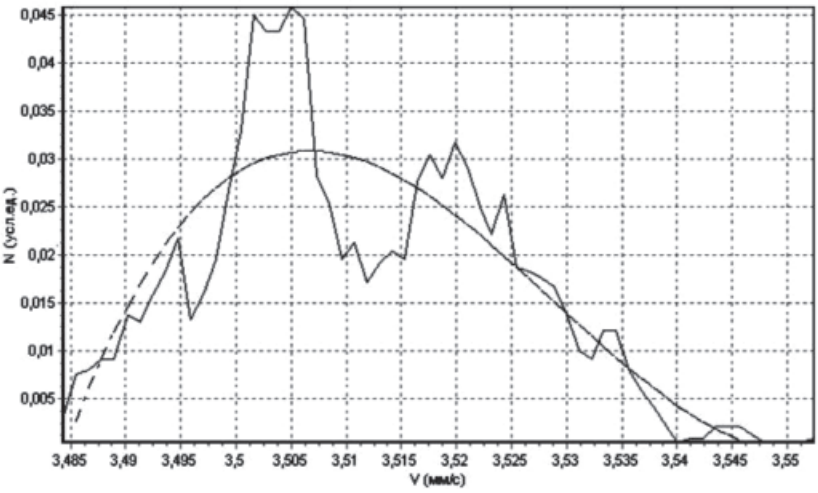
Исходя из зависимости показателя микроциркуляции от скорости движения микрообъекта в модельных экспериментах,

получаем функцию скорости движения эритроцитов

$$F_v\left(\text{ПМ}/_{\text{ПМ}=-0,3448v^2+9,928v-1,7}\right)=\sum_{\text{ПМ}_i<\text{ПМ}} p_i.$$

Значения данной функции соответствуют условному количеству эритроцитов движущихся с данной скоростью (рисунок).

В результате разработки системы предложены новые методы обработки сигналов.



Экспериментальное распределение плотности вероятностей скоростей эритроцитов (по оси абсцисс – наблюдаемые в эксперименте скорости)

В результате разработки системы предложен новый метод обработки биомедицинских сигналов [4].

Методика комплексного коррекционного воздействия

Стимулирование мозга слабым электрическим током является безопасным и эффективным средством для лечения и профилактики широкого спектра заболеваний. Данное воздействие приводит к активации альфа-ритмов мозга, нормализации других биоритмов мозга, увеличении концентрации серотонина, ацетилхолина, метэнкефалина и бета-эндорфинов. Активация альфа-ритмов мозга (в диапазоне 8–12 Гц) приводит к состоянию релаксации, при котором снижается напряжение, стресс, нормализуется настроение, регулируется восприятие различных видов боли [6]. Метод транскраниальной электростимуляции широко применяется как в России, так и зарубежом более 20 лет. На сегодняшний день по ТЭС проведено более 500 клинических исследований на людях [3, 6, 7].

В работе [9] нами разработан и опробован универсальный комплексный метод воздействия активизации умственной деятельности с помощью транскраниальной электростимуляции и витамина PP (никотиновая кислота)/ эскузана.

Активизация умственной деятельности проводилась с помощью аппарата «ТРАНСАИР-02» (ООО Центр ТЭС) следующим образом. Электроды накладывались в области лобных долей. Непосредственно перед проведением стимуляции исследуемому назначалась никотиновая кислота или эскузан, в зависимости от состояния раздельного капиллярного кровотока, в дозе 0,01 мг. Стимуляция головного мозга проводилась при силе тока 2–4 мА в течение 10–15 мин.

Никотиновая кислота является естественным компонентом питания и входит в состав ржаного хлеба, мяса, салата листового, петрушки, сельдерея. Эскузан представляет собой экстракт каштана конского.

ТРАНСАИР-02 работает от сети, имеет два режима работы и голосовой (речевой) интерфейс, необходимый набор сервисных функций. Аппарат гарантирует бесперебойную работу в течение всего дня. В схему аппарата включена улучшенная электронная система защиты пациента от «нештатных» ситуаций. Виды тока: импульсный биполярный, импульсный монополярный. Величина тока до 3 мА.

Ток используемых характеристик проникает через кожу головы, мягкие ткани головы и череп и действует в конечном итоге на определенные антиноцептивные структуры головного мозга [6, 7].

Через 10–15 минут после начала стимуляции происходит усиление выделения опиоидных пептидов (бета-эндорфина) и повышение их концентрации в несколь-

ко раз в мозге, спинномозговой жидкости и крови. Установлено также, что в развитии эффектов ТЭС помимо опиоидного взаимосвязано участвуют также серотонинэргический и холинэргический биохимические нейротрансмитерные механизмы.

Выводы

Разработанная процедура коррекционного воздействия [9], во-первых, основывается на тщательном подборе индивидуального оптимального режима электростимуляции, широком поиске оптимального режима ТЭС, при котором результаты воздействия определяются в зависимости от результатов РЭГ и оценки состояния раздельного капиллярного кровотока.

Во-вторых, с помощью стимуляции нами получены результаты [2, 3, 9], свидетельствующие об активизизации приспособительных механизмов организма, направленных на регуляцию процессов торможения и возбуждения, т.е. приведение организма к оптимальному режиму жизнедеятельности организма.

В-третьих, проведение РЭГ- и ЛДФ-исследований является неинвазивным и наиболее информативным.

В-четвертых, разработанный комплекс стимуляции головного мозга, основанный на одновременном применении стимуляции гипоталамуса и витамина РР (никотиновая кислота) или эскузана, нормализует скорость мозгового кровотока, улучшает питание мозга и в свою очередь приводит к улучшению умственной деятельности мозга и работе физиологических систем организма, нарушенной в результате факторов различной природы.

Разработанная методика успешно применяется для прогнозирования и коррекции костно-мышечных изменений с учетом экологических факторов (время года).

Список литературы

1. Дженкнер Ф.Л. Реоэнцефалография. – М.: Медицина, 1966. – 82 с.

2. Каторгина Г.И. Диагностические и коррекционные технологии для учащихся с задержкой психического развития, функциональными расстройствами речи и последствиями сотрясения головного мозга: монография. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2006. – С. 216.

3. Каторгина Г.И. Мозговая гемодинамика и раздельный капиллярный кровоток у учащихся с задержкой психического развития // Вестник государственного университета им. Н.А. Некрасова. – Кострома, 2006. – Т. 12. – С. 198–202.

4. Козлов В.И. Лазерно-доплеровский метод исследования капиллярного кровотока // Известия АН, сер. физическая. – 1995. – Т. 59. – № 6. – С. 179–182.

5. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. – М.: Медицина, 2005. – 256 с.

6. Лебедев В.П. Неинвазивная транскраниальная электростимуляция антиноцицептивной системы мозгового ствола: биофизические, физиологические, нейрохимические основы клинического применения // Механизмы функционирования висцеральных систем: тез. докл. междунар. конф. – СПб., 1999. – С. 212–214.

7. Лебедев В.П., Малыгин А.В. ТЭС-терапия: транскраниальная электростимуляция защитных механизмов мозга. Разработка метода и аппаратуры, применение в лечебном и реабилитационном процессах // БиоМедприбор-2000: труды конф. – М., 2000. – С. 45–50.

8. Москаленко Ю.Е., Вайнштейн Г.Б. Реоэнцефалография: биофизические основы, информативность, границы применения // Физиология человека. – 1983. – Т. 9. – № 5. – С. 707–722.

9. Яскин Е.Г., Пермяков С.А., Каторгина Г.И., Бойко И.П., Буренков В.Н. Коррекция состояния мозговой гемодинамики и раздельного капиллярного кровотока у людей с заболеваниями костно-мышечной системы // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: доклады 10-й межд. научн.-техн. кофн. – Владимир, 2012 – кн. 1. – С. 124–129.

10. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. – М.: Медицина, – 1967. – 276 с.