Возможности инструментальной регистрации количественных характеристик краниального ритма

Ю. П. Потехина¹, В. А. Канаков², В. Н. Иконников², Д. Е. Мохов^{3,4}, А. Е. Кантинов⁵, С. М. Стариков⁶

¹ Нижегородская государственная медицинская академия, 603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, тел.: 8 831 465-53-06, e-mail: newtmed@gmail.ru

² Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, тел.: 8 831 462-30-03, e-mail: unn@unn.ru

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41, тел.: 8 812 303-50-00, e-mail: rectorat@szgmu.ru

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт остеопатии, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, тел.: 8 812 328-20-00, e-mail: spbu@spbu.ru

⁵ Центр профилактической медицины, 603074, Нижний Новгород, ул. Куйбышева, д. 57, тел.: 8 (831) 241-40-50, e-mail: osteopatnn@mail.ru

⁶ Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Министерства обороны РФ, 117036, Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32, стр. 14, тел.: 8 495 333-54-69

Реферат

Введение. Краниальный ритм — это ритмические движения костей черепа, связанные с циклическими изменениями продукции и давления спинномозговой жидкости. Существующие методы инструментальной регистрации количественных характеристик краниального ритма являются либо инвазивными, либо контактными, либо очень сложными.

Цель. Апробация метода КВЧ-биорадиолокации для регистрации количественных характеристик краниального ритма.

Методы. Были обследованы 20 добровольцев. На основании первого этапа исследований определяли оптимальные условия для регистрации краниального ритма с помощью КВЧ-биорадиолокатора. На втором этапе добровольцам регистрировали краниальный ритм с помощью КВЧ-биорадиолокатора, затем им проводили остеопатическую диагностику и коррекцию, после чего снова регистрировали краниальный ритм.

Результаты. В результате исследования впервые зарегистрирован краниальный ритм с помощью КВЧ-биорадиолокатора. В большинстве случаев частота краниального ритма, регистрируемая прибором, совпадала с частотой, определенной остеопатом. После воздействий остеопата суммарная амплитуда колебаний увеличивалась у всех обследуемых. Оценка изменений частоты краниального ритма была затруднена из-за присутствия нескольких гармоник.

Заключение. С помощью КВЧ-биорадиолокатора возможна регистрация количественных характеристик краниального ритма — частоты и амплитуды. Разработанная нами методика безопасна, относительно проста, бесконтактна и может применяться для диагностики, мониторинга и оценки результатов лечения.

Ключевые слова: краниальный ритм, КВЧ-биорадиолокатор, механограмма, частота, амплитуда, остеопатия

Possibilities of Instrumental Recording of Quantitative Characteristics of the Cranial Rhythm

Y. Potekhina¹, V. Kanakov², V. Ikonnikov², D. Mokhov^{3,4}, A. Kantinov⁵, S. Starikov⁶

¹ Nizhny Novgorod State Medical Academy, 10/1, Minin and Pozharsky square, Nizhny Novgorod, 603005, phone: +7 831 465-53-06, e-mail: newtmed@gmail.ru

² National Research Nizhny Novgorod State University n.a. N.I. Lobachevsky, 23, Gagarin avenue, Nizhny Novgorod, 603950, phone: +7 831 462-30-03, e-mail: unn@unn.ru

³ North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, 41, Kirochnaya street, St. Petersburg, 191015, phone: +7 812 303-50-00, e-mail: rectorat@szgmu.ru

⁴ Saint Petersburg State University, Institute of Osteopathy, 7/9, Universitetskaya embankment, St. Petersburg, 199034, phone: +7 812 328-20-00, e-mail: spbu@spbu.ru

⁵ Center of Preventive Medicine, 57, Kujbysheva street, Nizhny Novgorod, 603074, phone: +7 831 241-40-50, e-mail: osteopatnn@mail.ru

⁶ General Directorate for Research Activity and Technological Support of Advanced Technologies (Innovative Research) of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 84/32, Profsojuznaja street, Moscow, 117036, phone: +7 495 333-54-69

Abstract

Introduction. The cranial rhythm is represented by the rhythmic movement of the skull bones associated with the cyclic changes in production and pressure of the cerebrospinal fluid. The existing methods of instrumental recording of the quantitative characteristics of the cranial rhythm are either invasive, either contact, or very complex.

Objective. To evaluate the EHF-bioradiolocation method as a method of recording of the quantitative characteristics of the cranial rhythm.

Methods. Twenty volunteers were examined. At the first stage of the study, we determined the optimal conditions for registering the cranial rhythm with the help of the EHF bioradiolocator. At the second stage, the volunteers' cranial rhythm was registered with the use of an EHF-bioradiolocator. Then the volunteers were subjected to osteopathic diagnostics and correction. After that the cranial rhythm was recorded again.

Results. For the first time we registered the cranial rhythm with the help of the EHF-bioradiolocator. In most cases, the frequency of the cranial rhythm recorded by the device coincided with the frequency determined by an osteopath. After the osteopathic treatment, the total amplitude of the oscillations increased in all the patients. Assessment of changes in the frequency of the cranial rhythm was difficult due to the presence of several harmonics.

Conclusion. With the help of the EHF-bioradiolocator, it is possible to register the quantitative characteristics of the cranial rhythm — frequency and amplitude. The methodology we developed is safe and relatively simple. It is non-contact, and can be used both for diagnostic purposes, and for monitoring and evaluation of the treatment results.

Keywords: *cranial rhythm, EHF-bioradiolocator, mechanogram, frequency, amplitude, osteopathy*

Введение

Краниальный ритм — это ритмические движения костей черепа, связанные с циклическими изменениями продукции и давления спинномозговой жидкости. Пальпаторное определение его характеристик используется в остеопатии. У.Г. Сатерленд пришел к заключению, что кости черепа двигаются в местах соединительных швов, и любое нарушение этой способности может привести к различным патологическим проявлениям [16]. Измерение параметров краниального ритма может служить основой для диагностики состояния здоровья и патологических отклонений, а также для оценки результативности лечения и реабилитации.

Существующие методы инструментальной регистрации количественных характеристик краниального ритма являются либо инвазивными, либо контактными, либо очень сложными. В Нижнем Новгороде создан инновационный прибор, названный КВЧ-биорадиолокатором, который дистанционно регистрирует биологические ритмы человека, проявляющиеся механическими колебаниями. Прибор доказал свою точность и эффективность при регистрации сердечных сокращений и дыхания.

Целью настоящего исследования была апробация метода КВЧ-биорадиолокации для регистрации количественных характеристик краниального ритма.

Методы регистрации краниального ритма

Современными методами исследования изучены сочленения костей черепа и доказана их особая природа, позволяющая костям смещаться относительно друг друга. Благодаря особой

форме швов, а также имеющимся в них волокнам коллагена и эластина, кости черепа могут двигаться. Сфенобазиллярный синхондроз как хрящевое соединение, сохраняющее свою пластичность при возрастных изменениях хрящевой ткани, также поддерживает эту подвижность [8].

Краниальный ритм обнаруживают пальпаторно аналогично пульсу или дыхательной волне. Многочисленными методами доказано существование ритмических колебаний костей черепа у человека и животных. Установленная при помощи пьезоэлектрических сенсоров частота расширений сагиттального шва у кошек была 11 циклов/мин с амплитудой не более 0,5 мм [7]. В. Фрайман, Л. Ромво, М. Тетамбел при помощи сенсоров давления определили краниальный ритм независимо друг от друга в различных опытах. Измерения В. Фрайман подтвердили, что размеры черепа человека изменяются во время одного цикла на 1–3 мм [10]. В исследованиях В. Фрайман регистрировали краниальный ритм с частотой 6–12 циклов/мин. В исследованиях Б. Либина в различных фазах краниального ритма регистрировали трехмиллиметровую разницу при измерении расстояния между верхнечелюстными костями на уровне вторых моляров [12]. Во время эксперимента с подвижной моделью черепа Роппеля (R. M. Roppel) описано, что экскурсии 0,25–0,5 мм пальпаторно правильно определяли в 85 % случаев.

Рентгенологическое исследование подтверждает подвижность костей черепа, вызываемую остеопатическим воздействием: углы сдвига составляют 1,66–2,58° [15]. С помощью МРТ были продемонстрированы движения ткани мозга [11]. Было определено ритмическое сокращение первых трех желудочков путем изменения до 40 % поверхности томографического среза с частотой 8 циклов/мин. Во многих работах одновременно с краниальным ритмом записывались пульс и дыхательная волна. Было установлено, что регистрируемый краниальный ритм существует независимо от пульсовых колебаний, дыхания и медленных колебаний артериального давления [10, 13].

С 60-х гг. XX в. появились публикации, описывающие медленные колебания напряжения кислорода (pO_2) и биоимпеданса в ткани мозга человека и животных, регистрируемые полярографическим методом с помощью имплантированных в мозг электродов [3, 6, 9]. Было выявлено, что медленные периодические изменения pO_2 и биоимпеданса представляют собой колебательный процесс, частота которого варьирует в пределах 4–16 циклов/мин, и что они характерны как для мозга человека, так и для мозга животных [14].

Более поздние исследования медленных периодических колебаний внутри черепа человека с помощью биоимпедансной методики в сопоставлении с одновременно регистрируемой транскраниальной доплерограммой (ТКДГ) показывают, что эти колебания внутричерепного происхождения связаны с изменениями объемного соотношения между жидкими средами в полости черепа — кровью и спинномозговой жидкостью. Формирование этих колебаний определяется деятельностью механизма регуляции кровоснабжения головного мозга и связано с потреблением кислорода тканью мозга [5].

На основе комплексного инструментального исследования методами реоэнцефалографии (РЭГ) и ТКДГ была разработана система мониторингирования состояния гемоликвородинамики и биомеханических свойств черепа [4]. Для этого необходимо наложить на поверхность кожи головы обследуемого несколько электродов и ультразвуковых датчиков. Сложное программное обеспечение обрабатывает и сопоставляет данные двух методов исследования и выдает количественные параметры медленноволновых колебаний, происходящих в полости черепа, по которым опосредованно можно судить о количественных характеристиках краниального ритма.

Таким образом, к настоящему времени установлен факт наличия медленных колебательных процессов внутри черепа. Все данные говорят о том, что медленные периодические колебания в системе внутричерепной гемоликвородинамики не обусловлены системной гемодинамикой, а имеют интракраниальные причины [5]. Однако на сегодняшний день нет метода регистрации количественных характеристик краниального ритма, пригодного для широкого использования в практике.

Материалы и методы

Нами были обследованы 20 добровольцев (17 мужчин и 3 женщины 24–58 лет, медиана — 48 лет). Всем проводили регистрацию механических колебаний поверхности головы с помощью фазометрического комплекса КВЧ-диапазона ФМК-301, разработанного ООО «АФС52» [1]. ФМК-301 является официально зарегистрированным средством измерения и контроля параметров движения объектов различной природы, включая биологические объекты (зарегистрирован в Госреестре средств измерений № 61623-15), *рис. 1*.

Принцип работы ФМК-301 состоит в измерении фазы электромагнитного колебания частотой 100 ГГц (длина волны 3 мм — диапазон крайне высоких частот), излучаемого и принимаемого самим прибором и отражающегося от поверхности зондируемого объекта. Изменение расстояния от антенны ФМК-301 до объекта вследствие движений его поверхности приводит к пропорциональному изменению фазы отражённого сигнала. Заложенные в конструкцию и технологию производства ФМК-301 технические решения позволяют реализовать уникальные характеристики средства измерения: погрешность измерения перемещения $\approx 0,01$ мм в диапазоне скоростей 0–10 км/с, на удалениях 0–10 м. Уникальность разработанного прибора состоит в его высоком быстродействии (до 20 млн отсчётов в сек) и долговременной стабильности (собственный дрейф показаний не более 0,1 мм за 50 ч непрерывной работы). С одной стороны, это позволяет исследовать быстропротекающие процессы, с другой стороны, имеется возможность проводить непрерывные измерения характеристик экстремально медленных процессов, в том числе различных ритмов биологических объектов. Еще одним важным преимуществом прибора является бесконтактный способ регистрации биологических ритмов. КВЧ-биорадиолокатор безвреден для человека. Зондирующий сигнал имеет мощность до 1,5 мВт, плотность мощности $0,015$ мВт/см² удовлетворяет санитарным нормам (согласно СанПин, допустимая плотность мощности радиоволн — $0,025$ мВт/см²).

Так как КВЧ-биорадиолокатор ранее не применяли для регистрации краниального ритма, на первом этапе исследований было необходимо определить оптимальные условия регистрации. Регистрацию производили в трех положениях обследуемого: в положении сидя антенна была направлена на лоб (*nasion*) и на затылок (*lambda*); в положении лежа на боку антенна была направлена на чешую височной кости; в положении лежа на спине голова находится в отверстии массажного стола, антенна направлена на затылок (*inion*).

Рис. 1. Внешний вид фазометрического комплекса КВЧ-диапазона ФМК-301

Регистрацию производили на фоне дыхания и на фоне задержки дыхания. Обследуемых просили максимально расслабиться и не двигаться. Медленные колебания, соответствующие частотам краниального ритма, удалось зарегистрировать во всех случаях. Однако не у всех обследуемых краниальный ритм удалось отделить от дыхательного ритма. В положении сидя регистрировались дополнительные высокочастотные колебания (2,5–5 Гц), которые были расценены нами как результат мышечных сокращений. Спектральный анализ полученных механограмм показал, что наилучшее качество сигнала от головы было получено в положении лежа на фоне задержки дыхания длительностью более 30 с.

Оптимальные условия регистрации краниального ритма с помощью КВЧ-биорадиолокатора:

- пациент должен лежать на спине в удобной для него позе;
- голова пациента должна находиться в окне массажного стола, чтобы минимизировать ее спонтанные движения;
- прибор устанавливают на расстоянии 1–5 м от пациента, антенну необходимо закрепить в штатив так, чтобы она была направлена на исследуемую часть поверхности черепа под прямым углом с расстояния 5–10 см (рис. 2);

Рис. 2. Расположение антенны КВЧ-биорадиолокатора под массажным столом, на котором лежит обследуемый

- волосы пациента не являются препятствием для измерений;
- далее следует попросить пациента задержать дыхание и включить запись сигнала;
- задержка дыхания не менее чем на 30 с необходима для того, чтобы движения головы, вызванные дыханием пациента, не маскировали краниальный ритм;
- для успешных измерений необходимо добиться максимальной неподвижности пациента, так как прибор регистрирует все передвижения головы.

Рис. 3. Положение обследуемого во время регистрации краниального ритма

На втором этапе добровольцам регистрировали краниальный ритм с помощью КВЧ-биорадиолокатора, затем им проводили остеопатическую диагностику и коррекцию, после чего снова регистрировали краниальный ритм. Остеопат субъективно определял частоту краниального ритма (захват по Сатерленду, рис. 3), затем применял технику компрессии IV желудочка. После этого были сопоставлены количественные характеристики, полученные КВЧ-биорадиолокатором и остеопатом (у 15 человек), а также проведено сравнение этих характеристик до и сразу после остеопатической коррекции (у 9 человек).

Результаты и обсуждение

Нами впервые зарегистрирован краниальный ритм с помощью КВЧ-биорадиолокатора (рис. 4). Верхний график (осциллограмма) показывает зависимость перемещения точки отражения от времени, нижний график — спектр механограммы, где по горизонтальной оси отложены частоты гармонических компонент сигнала (в герцах), по вертикальной шкале — амплитуда синусоиды соответствующей частоты в мм. На частоте 0,16 Герц (т. е. 9,6 цикла/мин, длительность колебания — 6,25 с, отмечено на графиках вертикальными пунктирными линиями) виден главный максимум спектра. Это амплитуда основного тона краниального ритма, величина которой 0,025 мм. Рядом видны побочные максимумы на второй (0,008 мм на частоте 22,8 цикла/мин) и третьей гармониках основного тона (0,006 мм на частоте 33,6 цикла/мин). Чтобы получить полный размах периодических движений точки отражения, нужно сложить амплитуды всех трех гармоник и умножить

Рис. 4. Пример осциллограммы (а) и спектра механограммы (б) затылочной кости обследуемого К.

Рис. 5. Пример осциллограммы (а) и спектра механограммы (б) затылочной кости обследуемого П.

на 2, так как в одном размахе две амплитуды. Получится 0,079 мм. Проверить это число можно по осциллограмме, измерив размах верхней или нижней огибающей графика (отмечены горизонтальными линиями). Следует отметить, что высокочастотные осцилляции сигнала — это сердечный ритм с частотой 84 уд/мин и размахом перемещения затылочной кости 0,1 мм.

На рис. 5 приведены аналогичные данные у другого обследуемого. Запись длилась 60 с, что позволило получить более детализированное распределение в частотной области. Хорошо просматриваются четыре гармоники краниального ритма:

- 1-я (основная) — 0,06 Гц (3,6 в мин или период 16,7 с) с амплитудой 0,011 мм;
- 2-я — 0,1 Гц (6 в мин или период 10 с) с амплитудой 0,009 мм;

3-я — 0,14 Гц (8,4 в мин или период 7 с) с амплитудой 0,005 мм;

4-я — 0,2 Гц (12 в мин или период 5 с) с амплитудой 0,004 мм.

Наблюдается сложная внутренняя структура краниального ритма с размахом 0,058 мм и основным периодом 16,7 с (3,6 цикла/мин). Также хорошо заметен сердечный ритм и измеряются его параметры.

Механограмма затылочной кости регистрировалась при задержке дыхания, и других причин ее периодических движений, кроме краниального ритма, не было. Зарегистрированные частоты этих колебаний попадают в диапазон частот краниального ритма, указанный в литературе (см. выше). Размах колебаний оказывается меньше, чем в исследованиях с регистрацией движений непосредственно костей черепа, так как в нашем случае регистрировались не изменения размеров черепа, а перемещения ближайшей к антенне точки на поверхности головы. Наличие в спектре краниального ритма нескольких гармоник можно объяснить сложным происхождением медленноволновых процессов в полости черепа. В исследованиях Т. И. Кравченко (2016) на РЭГ- и ТКДГ-спектрограммах также наблюдали несколько пиков [2].

Рис. 6. Отклонение частоты краниального ритма, измеренной КВЧ-биорадиолокатором, от частоты, определенной остеопатом

На рис. 6 представлена гистограмма расхождений в оценках частот краниального ритма, определенных остеопатом по субъективным ощущениям, и объективно с помощью КВЧ-биорадиолокатора. Из 15 случаев сравнения в пяти случаях было полное совпадение оценок, в шести случаях расхождение составило 1 цикл/мин (минимально возможное), один случай — расхождение на 2 цикла/мин. Еще в трех случаях оценки разошлись сильно — на 4 и 5 циклов/мин. Среднее значение расхождения составило 1,4 цикла/мин с погрешностью 1,64 цикла/мин в 95% доверительном интервале. Расхождения до 2 циклов/мин можно объяснить малым временем измерения (около 30 с). Более грубые ошибки в 4 и 5 циклов/мин связаны с качеством зарегистрированного прибором сигнала: в одном случае запись была очень короткой — менее 20 с, во втором случае сигнал имел очень маленькую амплитуду — 0,0025 мм, в третьем случае прибор показал частоты основного ритма 4 цикла/мин, а врач — 8 циклов/мин из-за сложной формы колебаний. Без учета трёх грубых промахов, среднее значение расхождения составило 0,66 цикла/мин с погрешностью 0,29 цикла/мин.

После коррекций остеопата количественные характеристики краниального ритма менялись у всех обследуемых. Из анализа пришлось исключить данные у двух пациентов: у одного — из-за

короткого времени задержки дыхания, у другого — из-за очень малой амплитуды сигнала, что могло быть связано с неправильным положением головы и неточным позиционированием антенны. Суммарная амплитуда колебаний увеличивалась у всех. Так как амплитуда варьировала в очень широких пределах (0,0022–0,053 мм, медиана 0,01 мм), то мы рассчитали ее прирост в процентах — 3–100 % (медиана 40%). Оценка изменений частоты краниального ритма была затруднена из-за присутствия нескольких гармоник. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении для разработки методики динамической оценки частотных характеристик краниального ритма.

Заключение

На основании проведенных нами пилотных исследований можно сделать вывод о том, что с помощью КВЧ-биорадиолокатора возможна регистрация количественных характеристик краниального ритма — частоты и амплитуды (заявка на изобретение № 2017104843, приоритет от 14.02.2017). Разработанная нами методика безопасна, относительно проста, бесконтактна и может применяться для диагностики, мониторинга и оценки результатов лечения.

Медленноволновые колебания в полости черепа имеют высокую информационную значимость как при изучении регуляторных процессов в сосудистой и ликвородинамической системах мозга, так и в ходе мониторингирования состояния пациентов при лечении и реабилитации. Среди главных критериев, которым должны соответствовать функциональные методы исследования, особенно применяемые в остеопатии, — информативность, безопасность для пациента, безвредность для персонала, неинвазивность, оперативность, техническая эстетичность и экономическая доступность [2]. КВЧ-биорадиолокация отвечает практически всем этим требованиям. Она может стать основой для клинических исследований краниального ритма, объективного контроля пальпаторного обследования пациента врачом-osteопатом, диагностики и контроля лечения.

Литература

1. Канаков В. А., Взятыхшев В. Ф., Орехов Ю. И. и др. Приемно-передающее устройство для фазометрических систем миллиметрового диапазона длин волн: Патент РФ на изобретение № 2569936.
[Kanakov V. A., Vzyatyshev V. F., Orekhov Ju. I. et al. Receiver-transmitter for millimeter-wave phase-frequency systems: The patent of the Russian Federation for the invention № 2569936.] (rus.)
2. Кравченко Т. И. Технологии диагностики и медицинской реабилитации больных с посттравматическими неврологическими синдромами: Дис. докт. мед. наук. СПб., 2016.
[Kravchenko T. I. Technologies of diagnostics and medical rehabilitation of patients with post-traumatic neurological syndromes: Doct. med. diss. St. Petersburg, 2016.] (rus.)
3. Москаленко Ю. Е., Демченко И. Т., Купер Р. О динамике спонтанных колебаний кровотока и напряжения кислорода в головном мозге // Физиол. журн. СССР. 1969. № 7. С. 809.
[Moskalenko Ju. E., Demchenko I. T., Kuper R. About the dynamics of spontaneous fluctuations in blood flow and oxygen tension in the brain // Physiol. Journ. of the USSR. 1969. № 7. P. 809.] (rus.)
4. Москаленко Ю. Е., Кравченко Т. И., Фрайман В., Вайнштейн Г. Б. Фундаментальные основы краниальной остеопатии. СПб., 2002.
[Moskalenko Ju. E., Kravchenko T. I., Frajman V., Vajnshtejn G. B. The fundamental foundations of cranial osteopathy. St. Petersburg, 2002.] (rus.)
5. Москаленко Ю. Е., Фрайман В., Вайнштейн Г. Б. и др. Медленные периодические колебания внутри черепа человека: феноменология, происхождение, информационная значимость // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 2. С. 1–9.
[Moskalenko Ju. E., Frajman V., Vajnshtejn G. B. et al. Slow periodic fluctuations inside the human skull: phenomenology, origin, information significance // Human physiology. 2001. Vol. 27. № 2. P. 1–9.] (rus.)
6. Федулова И. П. О статистических характеристиках медленных колебаний кровотока и напряжения кислорода в головном мозге // Физиол. журн. СССР. 1971. № 4. С. 584.
[Fedulova I. P. On the statistical characteristics of slow fluctuations in blood flow and oxygen tension in the brain // Physiol. Journ. of the USSR. 1971. № 4. P. 584.] (rus.)
7. Adams T., Heisey R. S., Smith M. C., Briner B. J. Parietal bone mobility in the anesthetized cat // J. Amer. Osteopath. Ass. 1992. Vol. 92. № 5. P. 599–622.
8. Caporossi R., Peyralade F. Traite pratique d'osteopathic cranienne. S.I.O. Editions de Verlaque, 1992.

9. Cooper R., Crow C.J., Walter G., Winter A. G. Regional control of cerebral vascular reactivity and oxygen supply in man // Brain Res. 1966. Vol. 3. № 2. P. 174.
10. Frymann V. M. A study of the rhythmic motions of the living cranium // J. Amer. Osteopath. Ass. 1971. Vol. 70. P. 928–945.
11. Grietz D., Wirestam R., Franck A. et al. Pulsatile brain movement and associated hydrodynamics studied by magnetic resonance phase imaging: The Monro-Kellie doctrine revisited // Neuroradiology. 1992. Vol. 34. P. 370–380.
12. Libin B. Occlusal Changes Related to Cranial Bone Mobility // Int. J. Orthodontics. 1982. Vol. 20. № 1. P. 13–19.
13. Moskalenko Yu.E., Kravchenko T.I Wave Phenomena in Movements of Intracranial Liquid Media and the Primary Respiratory Mechanism // AAO J. 2004. № 14 (2). P. 29–40.
14. Moskalenko Yu.E., Weistein G.B., Demchenko I.T. et al. Biophysical aspects of cerebral circulation. Oxford: Pergamon Press, 1980.
15. Oleski S.L., Smith G.H., Crow W.T. Radiographic evidence of cranial bone mobility // Cranio. 2002. Vol. 20 (1). P. 34–38.
16. Sutherland W.G. The cranial bowl. Mankato, MN, 1939 (Reprinted by the Osteopathic Cranial Association, Meridian, IDJ 1948).

Дата поступления 19.01.2017

Потехина Ю. П., Канаков В. А., Иконников В. Н., Мохов Д. Е., Кантинов А. Е., Стариков С. М. Возможности инструментальной регистрации количественных характеристик краниального ритма // Рос. остеопат. журн. 2017. № 1–2 (36–37). С. 37–46.