

МЕДЛЕННОВОЛНОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КРАНИО-САКРАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ: ГЕМО-ЛИКВОРОДИНАМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

Ю.Е. Москаленко, Т.И. Кравченко, Г.Б. Вайнштейн, П. Хальворсон ,
А.Фейлдинг, А. Мандара, А.А.Панов, В.Н.Семерня.

*(Институт эволюционной физиологии и биохимии им.И.М.Сеченова
РАН; НОУ Русская Высшая Школа остеопатической медицины
Санкт-Петербург, Россия)*

Ритмические перемещения спинномозговой жидкости, происходящие 5-10 раз в минуту, известны давно. Так, около полувека назад на страницах Физиологического Журнала СССР им.И.М.Сеченова были опубликованы два исследования, посвященные этой проблеме [2,3]. В условиях острого и хронического эксперимента на животных (кошки) био-импедансным методом было показано наличие медленных - с частотой несколько колебаний в минуту - перетоков ликвора между полостями черепа и позвоночника, которые отличались вариабельностью, но при определенных условиях, например при асфиксии, могли существенно возрасти по величине. К сожалению, техника исследований того времени не позволяла в достаточной степени точно определить частотные характеристики этих колебаний. В дальнейшем эти исследования не нашли продолжения, и в доступной литературе публикации по данной теме не встречались. Однако, феномен краниоспинальных ритмических флуктуаций СМЖ не потерял своего теоретического значения. В клинической практике подобные ритмы и сейчас выявляются с диагностической целью путем врачебного мануального наблюдения [1] и носят название «кранио-сакральный ритм». В связи со сказанным, настоящее исследование посвящено инструментальному изучению кранио-сакрального ритма, определению его объективных показателей – относительные амплитуды и частоты, а также выяснению роли кранио-спинальной гемо- и ликвородинамики в происхождении и динамике данных периодических флуктуаций.

МЕТОДИКА

Практически любой метод, позволяющий изучать вопросы регионарного кровообращения, если он обладает достаточной динамичностью, может

быть использован для исследования медленноволновых процессов в различных регионарных сосудистых бассейнах. Так, например, для изучения медленных колебательных процессов в поверхностных головах человека успешно используется метод лазерной доплерографии [13]. Для изучения медленных волн во внутренних органах и тканях с успехом используются методы высокочастотной электроимпедансографии, с наложением электродов либо на соответствующие участки поверхности тела, либо путем введения электродов вглубь тела для непосредственного соприкосновения с изучаемым органом. Последнее, в частности, было использовано в одних из первых (упомянутых выше) инструментальных исследований о взаимосвязи колебательных процессов в черепе и поясничном отделе позвоночника, а также использовались для наблюдения медленных колебательных процессов в отдельных регионах мозга [9,12].

Несмотря на то, что с тех пор прошло значительное время, метод высокочастотной электро-биоимпедансографии (Б-Имп) не потерял своего значения и в наши дни, а его сочетание с методом транскраниальной доплерографии и применение современной компьютерной регистрирующей и вычислительной техники на базе использования спектрального анализа, позволяет успешно "вычленивать" интересные медленноволновые процессы [5,10,12].

В связи со сказанным, в настоящем исследовании, цель которого состояла в изучении медленноволновых процессов в краниоспинальном пространстве и в выяснении их возможного механизма, производилась двухканальная регистрация Б-Имп на двухканальном "Реоплетизмографе РГ4-02", соединенном через аналого-цифровой преобразователь "PowerLab-4", который использует программное обеспечение Chart-5.2 с ЗС "Macintosh G-4" (OS 10,4).

Электроды для регистрации колебаний Б-Имп накладывались на голову фронто-мастоидально, а в области пояснично-крестцового отдела позвоночника на расстоянии 3-4 см от средней линии.

Одновременная регистрация Б-Имп при указанных положениях электродов, вместе с артериальным пульсом (пальцевой инфракрасный датчик) и дыхательными движениями грудной клетки производилась в состоянии покоя и при 30 сек задержке дыхания. Было исследовано 5 здоровых добровольцев в возрасте 22-27 лет.

Для суждений о возможном происхождении кранио-сакрального ритма были использованы также фрагменты записей ЯМР [14] продольной проекции черепа и шейно-грудного перехода.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что на записи Б-Имп черепа были четко выражены пульсовые и дыхательные волны, но спектральный анализ этих записей позволял также выявлять медленно-волновые колебания с

частотами 6-12 циклов в минуту, относительная амплитуда которых составляла 0,2-0,4 от соответствующей величины пульсовых колебаний. Записи Б-Имп с поясничной области спины имели значительно более сложный характер. На кривых, записанных с поясничных электродов, доминировали дыхательные колебания, что затрудняло их визуальный анализ, однако при кратковременной произвольной задержке дыхания четко регистрировались пульсовые волны и медленные противонаправленные сдвиги уровня регистрируемых кривых Б-Имп (*Рис. 1*).

Сходные данные были получены также в результате спектрального анализа записей Б-Имп. головы и пояснично-крестцового отдела позвоночника (*Рис 2*).

Низкочастотные спектры этих записей имеют два пика. Один из них соответствует спектрограмме дыхательных движений, которые значительно более выражены на записи Б-Имп, полученной с поясничного отдела, по сравнению с записями Б-Имп. головы, а второй пик расположен в более низкочастотной части спектра. Именно эта группа спектральных линий наиболее интересна, поскольку это является прямым подтверждением наличия синхронного по частоте краниосакрального ритма.

К сожалению, при спектральном анализе выявляются статистические данные, которые не позволяют судить о характере фазовых соотношений этих колебаний, однако данные, приведенные на *рис.1*, однозначно свидетельствуют в пользу противонаправленности внутричерепных и поясничных медленных ритмических колебаний.

Существенный интерес в этом плане представляет различие паттернов краниальной и поясничной пульсации, что видно на *рис. 1* и еще более наглядно представлено на *рис.3*, где записан также периферический пульс.

Здесь пульсовой цикл подразделен на 3 фазы, первая из которых соответствует систоле сердца от ее начала до максимума подъема (**А**). В этот промежуток времени все три записи отражают рост пульса.

Далее следует вторая фаза (промежуток **Б**), где пульсовые колебания краниального и поясничного пульса изменяются в значительной степени, но преимущественно противонаправленно, а кривая периферического пульса практически не меняется.

Третья фаза (**В**) представляет собой достаточно быстрое возвращение краниального и спинального пульса к исходному уровню. Эти кривые хорошо согласуются с результатами обработки записей транскраниальной доплерограммы, и полученной с основания средней мозговой артерии, и Б-Имп. при фронто-мастоидальном положении электродов, которые отражают СМЖ-гемоликвородинамические процессы в бассейне этой артерии [4,5].

Паттерно-фазовый анализ таких записей указывает, в частности, на наличие пульсового оттока некоторого объема СМЖ из черепа в спинальную полость.

Последнее дает основание полагать, что противонаправленность черепного и поясничного пульса является результатом пульсовых компенсаторных перемещений СМЖ в спинальную полость.

Роль пульсаций в медленноволновых перетоках СМЖ в краниоспинальном пространстве следует из результатов серийной, 10-12 снимков в сек, ЯМР черепа и шейного перехода [14].

На приведенных томограммах, сделанных с интервалом 1/12 сердечного цикла, видно как в фазу диастолы происходит нисходящее смещение СМЖ как в черепе, так и в шейном отделе позвоночника.

Следует отметить, что к концу сердечного цикла затемненный след СМЖ, достигает, по-видимому, лишь середины грудного отдела позвоночника, что следует из *рис. 4*, причем возвратного тока СМЖ не просматривается.

Последнее означает, что СМЖ, вытесненная из черепа и продолжая движение, может достигнуть люмбального отдела позвоночника спустя 2 – 3 сердечных циклов. Сказанное подтверждается также сложным характером динамики СМЖ во время сердечного цикла, с частичным ее оттоком в спинальную полость, что было показано с помощью метода фазо-контрастной ЯМР-томографии [7,8].

Таким образом, можно полагать, что с каждым сердечным циклом СМЖ как бы накачивается в люмбальный отдел позвоночника, расширяя его и повышая там давление СМЖ. Это продолжается до тех пор, пока растяжение люмбального отдела позвоночника, являющегося податливым, не вызовет ответного сокращения окружающей его тонической мускулатуры и связочного аппарата. Последнее и является, как можно полагать, источником сил, вызывающих обратный отток СМЖ в краниальном направлении.

Таким образом, краниоспинальные перетоки СМЖ являются следствием, как минимум, взаимодействия двух сил. С одной стороны, это постоянное нагнетание СМЖ в спинальную полость за счет энергии артериального пульса, а с другой стороны - возврат СМЖ в череп в результате тонических сокращений мышц, окружающей пояснично-люмбальный отдел позвоночника.

Перетоки СМЖ в краниоспинальном пространстве могут играть определенную роль и в формировании наблюдаемого мануально кранио-сакрального ритма с частотой 6 - 12 циклов в минуту, механизм которого пока во многом неясен. Действительно, одна и наиболее широко обсуждаемых концепций происхождения кранио-сакрального ритма заключается в том, что медленная подвижность костей черепа, наличие которой в настоящее время является доказанной [6], вызывает «подтягивание» спинального дурального мешка, что, в свою очередь, инициирует движения сакрального отдела позвоночника. Такое

объяснение представляется мало реальным с био-механических позиций, поскольку подвижность костей черепа, измеряемая долями миллиметра, если и вызывает «подтягивание» спинального дурального мешка, то оно достаточно мало и вероятнее всего гасится его растяжимостью по ходу позвоночника.

Одно из возможных объяснений краниосакрального ритма может быть основано на том, что медленноволновая периодическая подвижность ликвора имеет в своей основе подобные колебания тонуса сосудов мозга [5]. Последние, в свою очередь, вызывают ритмические изменения внутричерепного давления, отток СМЖ в спинальную полость и артикулярную подвижность костей черепа [11]. Все это и может, в принципе явиться источником сил для периодической подвижности крестца. Однако следует отметить, что краниосакральный ритм воспринимается с внешней стороны краниоспинального пространства, что нельзя не учитывать при анализе механизма его происхождения. Вместе с тем, медленноволновые процессы в краниоспинальном пространстве и краниосакральный ритм не могут быть не связаны друг с другом. Действительно, подвижность костей черепа прямым образом связана с гемо- и СМЖ-динамическими процессами [6 11]. Связь же медленноволновых процессов в краниоспинальном пространстве с подвижностью крестца опосредована, но представляется реальной благодаря наличию вдоль поясничного отдела позвоночника сложной структурной организации - связочно-мышечных соединений.

Из всего сказанного выше следует, что в вопросе происхождения подвижности СМЖ в краниоспинальном пространстве и, по-видимому, краниосакрального ритма следует придерживаться гемо-ликвородинамической концепции, как наиболее полно объясняющей известный фактический материал. В дальнейшем развитии этой концепции немалую роль должны сыграть исследования применением фазоконтрастной ЯМР в сочетании с другими методиками и методами моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кравченко Т.И., Кузнецова М.И. Краниальная остеопатия. СПб., 2004.(108с.)
- [2] Москаленко Ю.Е., Науменко А.И. О колебательных движениях ЦСЖ в полости головного и спинного мозга. Физиол.журн. СССР 43(10) : 928-933. 1957.
- [3] Москаленко Ю.Е., Науменко А.И. Исследования характера перемещения ЦСЖ у нормальных животных. Физиол.журн. СССР. 45(5): 562-568. 1959.
- [4] Москаленко Ю.Е., Вайнштейн Г.Б., Хальворсон П., Кравченко Т. И., Фейлдинг А., Рябчикова Н.А., Семерня В.Н., Панов А.А., Возрастные особенности взаимосвязей между мозговым кровотоком,

ликвородинамикой и биомеханическими свойствами черепа. Российск. Физиол. журн. им.И.М. Сеченова. 93 (7) : 788-798. 2007.

[5] Москаленко Ю.Е., Фрайман В., Вайнштейн Г.Б., Семерня В.Н., Кравченко Т.И., Марковец С.П., Панов А.А. Медленные периодические колебания внутри черепа человека: феноменология, происхождение, информационная значимость. Физиология человека 27(2) : 47-55. 2001.

[6] Москаленко Ю.Е., Кравченко Т.И., Гайдар Б.В., Вайнштейн Г.Б., Семерня В.Н., Митрофанов В.Ф. О периодической подвижности костей черепа человека. Физиология человека. 25(6) : 62-70. 1999.

[7] Alperin N., Mazda M., Lichtor T., Lee S. From cerebral fluid pulsation to noninvasive intracranial compliance and pressures measured by MRI flow studies. Current Medical Imaging Reviews. 2 : 117-129. 2006.

[8] Ambarki K., Baledent O., Kongolo G., Bouzerar R., Fall S., Meyer M.-E. A new lumped-parameters model of cerebrospinal hydrodynamics during the cardiac cycle in healthy volunteers. IEEE Transactions on Bioengineering. 54(3) : 483-491. 2007.

[9] Moskalenko Yu., Cooper R., Walter G.W., Crow H. Variations in blood volume and oxygen availability in the human brain. Nature, 202 (4928) : 159-161. 1964.

[10] Moskalenko Yu. Principles de representation objective des resultants du traitement osteopathique cranien. ApoStill. 7: 22-30. 2000.

[11] Moskalenko Yu., Kravchenko T. Wave phenomana in movements of intracranial liquid media and Primary Respiratory Mechanism. J. Amer.Acad. Osteopath. 14 (2) : 29-40. 2004

[12] Moskalenko Yu.E., Weinstein G.B., Demchenko I.T., Krivchenko A.I. Biophysical aspects of cerebral circulation. Pergamon Press. Oxford. 1980.

[13] Nelson K., Sergueef N., Lipinski C., Chapmann A., Glonek T. Cranial rhythmic impulse related to the Traube-Hering-Mayer oscillation : comparing laser Doppler flowmetry and palpation. J. Amer. Osteopath.Assoc. 101(3):48-56. 2001.

[14] Salvorini A. PRM-Video. Neurological Laboratory, France. 1996.

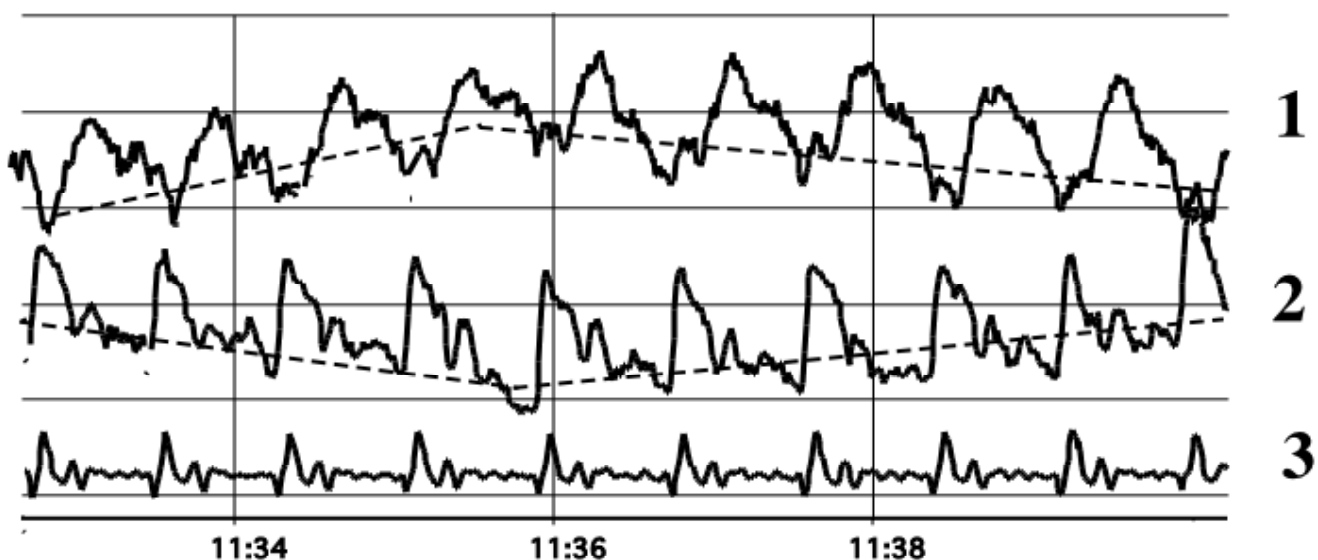


Рис.1. Одновременная регистрация пульсовых волн Б-Имп поясничного отдела (1), Б-Имп головы (2) и периферического пульса (3) на фоне функциональной пробы – задержки дыхания.

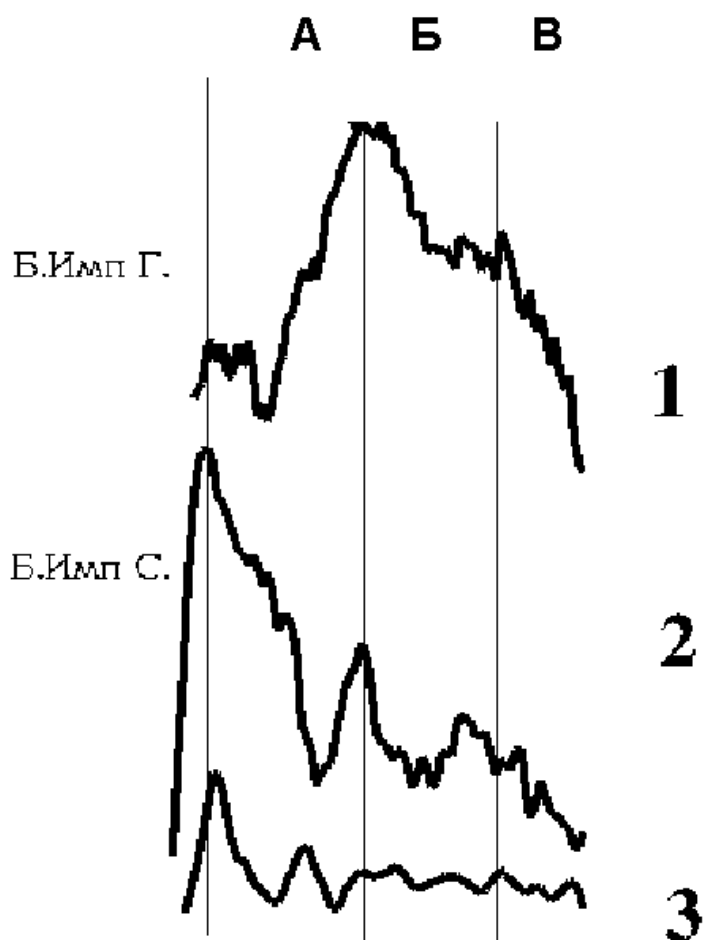


Рис. 3. Нормализованные по амплитуде и синхронизированные по времени пульсовые волны Б-Имп в области поясницы (1), Б-Имп головы (2) и периферический пульс (3). Пульсовой цикл подразделен на 3 временные фазы – А, Б и В (объяснения см. в тексте).