

МЕХАНИЗМ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ИНТЕРСТИЦИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Титовец Э.П.

РНПЦ неврологии и нейрохирургии, Минск, Беларусь

Фундаментальные данные и клиническая практика указывают на большую важность исследования механизмов движения жидкостей головного мозга. Механизм объемного переноса (ОП), обеспечивающий межклеточный транспорт информационных биологически активных молекул, питательных веществ, газов, теплоперенос и тканевой гомеостаз, имеет в своей основе конвекцию интерстициальной жидкости (ИЖ).

Нарушения конвекции ИЖ неизбежно присутствуют при различных патологиях головного мозга: травмах, опухолях, нейродегенеративных заболеваниях и др. При этом универсальной патофизиологической реакцией головного мозга является развитие его отека – одна из основных причин летального исхода [1].

Неинвазивными способами магнитно-резонансной томографии были получены данные, которые показывают осциллирующий характер движения жидкостей головного мозга, что невозможно объяснить на основе устоявшихся классических представлений [2]. Было также показано, что процессы конвекции ИЖ зависят от активности аквапорина AQP4, который выполняет кинетически лимитирующую роль в церебральном водном обмене [3, 4].

В настоящей работе осуществлено моделирование осциллирующего движения ИЖ между капилляром и межклеточным пространством ГМ. Здесь принимается во внимание пульсирующий характер колебаний внутри-черепного гидростатического давления (ВГД), кинетическая роль AQP4 и то, что движение межклеточной жидкости в межклеточном ИП осуществляется по закономерностям нанофлюидики [5]. Рассматривается изоосмотический перенос жидкости на основе уравнения Кедем-Качальского:

$$J_v = -L_p(p_a - p_t(t) - \frac{p_a - p_v}{L}x - \pi_c + \pi_t),$$

где J_v – объемный поток жидкости; L_p – коэффициент гидравлической проводимости; p_a и p_v – гидростатическое давление, соответственно, на артериальном и венозном концах капилляра; $p_t(t)$ – пульсовые колебания ВГД; L – длина капилляра; π_c и π_t – онкотическое давление, соответ-

ственно, в плазме крови и ИЖ. Результаты моделирования представлены на рисунке приведенном ниже.

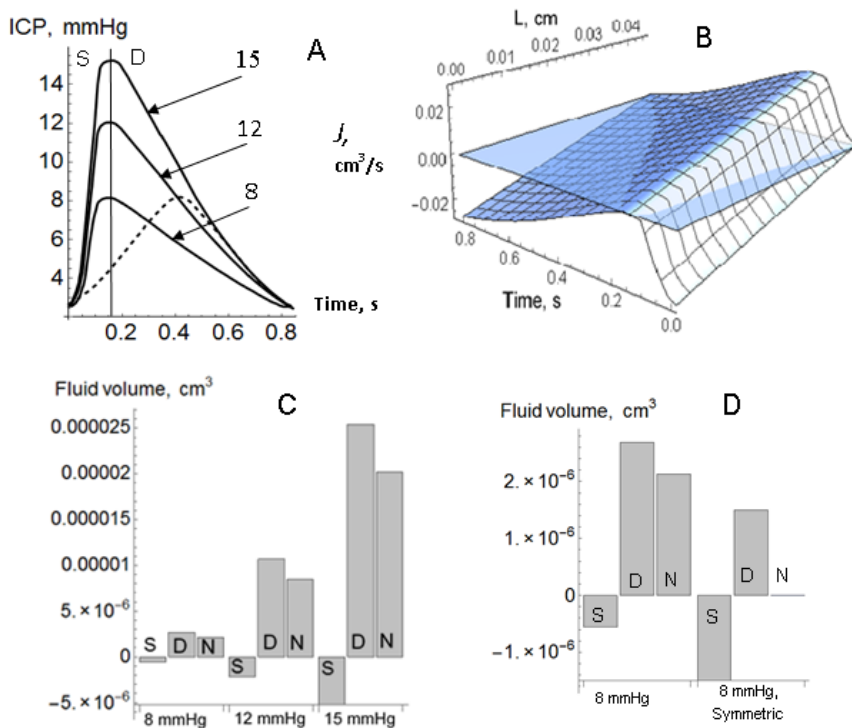


Рисунок – Моделирование обмена жидкости между капилляром и ИПГМ. $p_a=36 \text{ mmHg}$, $p_v=15 \text{ mmHg}$, $L=0,074 \text{ cm}$, $\pi_t=1 \text{ mmHg}$, $\pi_c=22 \text{ mmHg}$; $0 \leq x \leq L$; $Lp=0,00217 \text{ cm}/(\text{smmHg})$.

А. Формы волн внутричерепного гидростатического давления, $p_i(t)$. Значения 8, 12, 15 (в mmHg) соответствуют пиковым интенсивностям соответствующих волн. В. Трех-мерное представление водного обмена между капилляром и интерстициальными пространствами головного мозга на протяжении одного полного сердечного цикла. С и D. Величины систолического (S), диастолического (D) и интегрального (N) потоков. Моделирование выполняли с использованием программы Mathematica 10.02.

Представленная модель описывает колебательный характер движения ИЖ, наблюдаемый при использовании неинвазивных методов. Она показывает, каким образом величина и направление потоков жидкости связаны и определяются параметрами пульсовых волн ВД. Интересно отметить, что при симметричной волне ВД (показана пунктирной линией на А и далее на D) интегральный поток жидкости равен нулю. Кинетическое влияние AQP4 реализуется через величину L_p . Модель хорошо соответствует современным клиническим и экспериментальным данным о характере водного обмена тканей головного мозга в норме и патологии.

Литература

1. Stokum J., Gerzanich V. and Simard J. Molecular pathophysiology of cerebral edema / *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. – 2015. – Vol. 26. – DOI: 10.1177/0271678X15617172.
2. Титовец Э.П., Смянович А.Ф., Пархач Л.П., Босякова Е.В. Исследование нарушений водного обмена головного мозга методами функциональной магнитно-резонансной визуализации / *Известия национальной Академии наук Беларуси. Серия медицинских наук*. – 2015. – № 1. – С. 65-72.
3. Титовец, Э.П. Акваторины человека и животных. Фундаментальные и клинические аспекты: монография/ Э.П. Титовец. – Мн. : Белорусская Наука. – 2007. – С. 239.
4. MacAulay N., Zeuthen T. Water transport between CNS compartments: contributions of aquaporins and cotransporters / *Neuroscience*. – 2010. – Vol. 168. – P. 941-956.
5. Eijkel J., Van den Berg A. Review: Nanofluidics: what is it and what can we expect from it? / *Microfluid Nanofluid*. – 2000. – Vol. 1. – P. 249-267. – DOI 10.1007/s10404-004-0012-9.