

Возможности математического моделирования динамики на основе данных магнитно-резонансной томографии

Богомякова О. Б.¹, Попов В. В.¹, Валова Г. С.², Черевко А. А.²

¹Институт «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск ²Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск

Актуальность	Цель исследования	Материалы и методы
<p>Расстройства ликвородинамики широко распространены. Вовлеченность ликворной системы в метаболические процессы определяет актуальность изучения взаимодействия интерстициальной жидкости и ткани мозга. Ограниченность оценки этих процессов <i>in vivo</i> обуславливает развитие методов математического моделирования.</p>	<p>Оценить влияние взаимодействия крови и ликвора на смещение стенок желудочков и капиллярное давление, используя стационарную математическую модель многокомпонентной поропругой фильтрации на примере гидроцефалии.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Группа контроля и пациенты с гидроцефалией обследованы на томографе Philips Ingenia (3.0T) с применением рутинного протокола и фазо-контрастной МРТ. Данные 3D T1-TFE и характеристики ликворотока использовались для построения геометрии желудочков и задания граничных условий модели многокомпонентной поропругой фильтрации. Для анализа взаимосвязей построена модель множественной линейной регрессии. Статистическая обработка выполнена с использованием критериев Кракела–Уоллиса и Данна с поправкой Холма.

Результаты

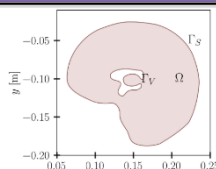
Регрессионная модель (контроль (n=10), гидроцефалия (n=4)): Позволяет одновременно рассчитывать среднее смещение стенки желудочка и капиллярное давление на ней.

Ключевые факторы ($p < 0,001$; $R^2 > 0,90$): Наибольший вклад вносят артериально-ликворное (β_{ac} , β_{ce}) и венозное (β_{ev} , β_{cv}) звенья.

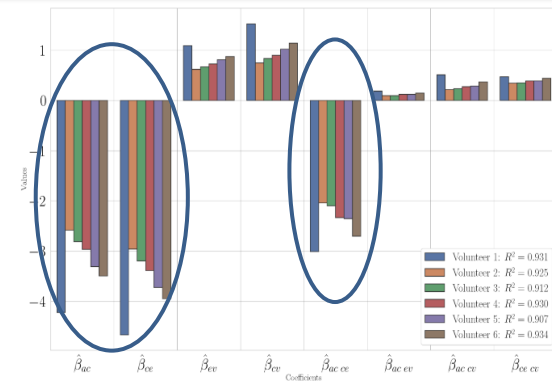
Выводы:

- Поведение показателей качественно совпадает у всех участников исследования.
- Изменение размеров желудочков — это **адаптивный процесс**, вызванный перераспределением интракраниальной жидкости и колебаниями давления.

Персонализированная геометрия головного мозга:



- Вещество головного мозга - поропругая среда, заполненная жидкостями: артериальной (a), капиллярной (c), венозной (v) кровью и цереброспинальной жидкостью (z). Каждая из жидкостей обладает проницаемостью, вязкостью, давлением и коэффициентом Био.
- Переток жидкостей между бассейнами обусловлен перепадом давления
- Граничные условия заданы на границе желудочков и внешней границе черепа.



Коэффициенты $\hat{\beta}$ множественной линейной регрессии и значения R_{adj}^2 для каждого добровольца

Заключение

- На основе математического моделирования предложен подход для неинвазивной оценки деформаций паренхимы и давления на границе желудочка.
- Моделирование критических состояний (не реализуемых *in vivo*) позволило объяснить механизмы развития гидроцефалии различной этиологии.