Выводы.

1. Наиболее выраженные предпосылки к тромбообразованию выявлены в зоне перехода дорсального сагиттального синуса в сток синусов: там регистрируется минимальная скорость кровотока (0,144±0,006 см/с) и максимальная вязкость крови (0,056 Па·с.).

2. Прямой синус обеспечивает 99,1% суммарного венозного оттока от головного мозга кролика, вследствие чего его тромбоз представляет наибольшую клиническую угрозу, поскольку дорсальный сагиттальный синус обеспечивает лишь 0,9% суммарного венозного оттока и не способен полностью компенсировать нарушение проходимости прямого синуса.

3. Сигмовидный синус характеризуется максимальной скоростью кровотока (13,5±0,16 см/с) и минимальной вязкостью крови (≈0,0035 Па·с), что обеспечивает выраженный антитромботический эффект; однако S-образная геометрия синуса обусловливает наибольшее пристеночное давление (5,22±0,07 Па), создавая предпосылки к повреждению эндотелия.

4. Выявленная корреляция между диаметром венозных синусов и скоростью кровотока ($r = (-0,984)-(-0,999)$, $p<0,001$) и отсутствие значимой корреляции между шириной и вязкостью крови указывают на преобладающую роль формы синуса в определении вязкостных характеристик потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Labjáková, A. Neurosurgical approaches to the brain of the domestic rabbit / A. Labjáková, V. Páral, I. Pračková // Research in Veterinary Science. – 2025. – Vol. 193. – P. 105771.

2. Personalized computational fluid dynamics analysis of cerebral venous hemodynamics in a case of deep cerebral vein thrombosis / A. M. Assefa, L. Palaiodimou, G. Bourantas, A. Sakellarios // J Pers Med. – 2025. – Vol. 15, № 12. – P. 570.

ОСОБЕННОСТИ КРОВОТОКА В ВЕНОЗНЫХ СИНУСАХ ТВЁРДОЙ МОЗГОВОЙ ОБОЛОЧКИ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

Малахова К. А., Корнетенко В. А., Мансуров В. А.

Белорусский государственный медицинский университет
Минск, Республика Беларусь

Актуальность. Венозный отток от головного мозга имеет решающее значение для сохранения стабильного внутричерепного давления и постоянства церебральной перфузии. Большую значимость имеют индивидуальные особенности анатомии венозных синусов, поскольку они определяют направления

Репозиторий ГрГМУ

потоков, линейную скорость крови и уровень гидравлического сопротивления. В практической медицине подобные нюансы обуславливают персональную специфику венозного кровообращения. Применение методов математического моделирования дает возможность сменить качественное описание структуры на точный расчёт параметров гидродинамики с дальнейшей клинической интерпретацией [1, 2].

Цель. Установить особенности кровотока в венозных синусах твёрдой мозговой оболочки взрослого человека и выявить гемодинамические закономерности.

Методы исследования. Материалом исследования послужили результаты компьютерной томографии головы взрослых людей. На основе послойных КТ-сканов в программном пакете 3D-Slicer выполнена объемная реконструкция черепа и проведена пошаговая сегментация венозных синусов твёрдой мозговой оболочки (ТМО) для воссоздания их трехмерной геометрической структуры. После определения параметров твердотельного объекта была построена расчетная сетка, предназначенная для проведения численного симулирования кровотока. Проектирование и математический расчет моделей реализованы в среде COMSOL Multiphysics (в рамках студенческой лицензии) [3, с. 81]. Расчеты производились методами вычислительной гидродинамики (CFD) с внедрением реалистичных физиологических ограничений [4] (плотность крови $\rho = 1050$ кг/м^3, кинематическая вязкость крови $\nu = \mu/\rho \approx 3{,}33 \cdot 10^{-6}$ м^2/с, входные средние скорости, направленные по нормали к сечению: Vin = 0,05-0,2 м/с). Данный подход позволил рассчитать ключевые гидродинамические характеристики венозного русла в целевых анатомических структурах. На финальном этапе полученные цифровые данные прошли статистическую обработку в программе STATISTICA 10.0.

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенного гидродинамического моделирования были определены ключевые кинематические и объемные параметры венозного русла. Согласно полученным расчетным данным, наиболее высокие значения средней скорости зафиксированы в просвете верхнего сагиттального синуса (ВСС), где они варьировали в диапазоне от 17 до 22 см/с. При этом показатель объемного расхода крови в данном венозном синусе достиг отметки 535,4±22,1 мл/мин, что кратно превосходит значения во всех остальных исследованных венозных структурах. Выявленная зависимость распределения гемодинамической нагрузки закономерно объясняется анатомо-функциональной ролью ВСС как магистрального резервуара, собирающего кровь от большей части поверхностных вен полушарий большого мозга. В свою очередь, минимальная скорость, составившая порядка 8-15 см/с, отмечалась в затылочном синусе (ЗС). Низкая скорость в сочетании с минимальным объемным расходом (23±3,2 мл/мин) в ЗС свидетельствуют о вспомогательном значении данной структуры в обеспечении венозного дренажа головного мозга. Отмечена устойчивая положительная корреляция между линейной скоростью потока и его объемным

Репозиторий ГрГМУ

расходом во всех точках русла (r=0,76-0,97; p<0,01). Наиболее сильная линейная зависимость была зафиксирована для затылочного синуса (r=0,97; p<0,01), наименее выраженная – в бассейнах поперечных синусов (r=0,76; p<0,01). Ослабления связи указывает на включение локальных гидродинамических механизмов: в условиях выраженной лево- или правосторонней асимметрии ПС происходит компенсаторная перестройка потоков, направленная на выравнивание градиента давлений между полушариями. В ходе исследования была зафиксирована статистически значимая обратная корреляционная зависимость между скоростными показателями в просвете прямого синуса (ПрС) и величиной градиента давления, возникающего в зоне его впадения в синусный сток (r=-0,729; p<0,05), что отражает локальное увеличение гидравлического сопротивления, обусловленное резким изменением геометрии русла и архитектоники сосудистого разветвления на данном участке. В области перехода из дистального отдела ПрС в сток синусов средний градиент давления составил 1,8 ± 0,235 мм рт. ст. В рамках проведенного исследования данная величина была определена как максимальная, существенно превышающая аналогичные перепады давлений в зонах слияния других венозных синусов ТМО. Стоит отметить, что при анализе гидродинамических параметров ВСС схожий вектор гемодинамических изменений был выражен значительно слабее. Направленность тенденции к росту сопротивления там сохранялась, однако изменения показателей не достигли порога статистической достоверности. Между правым и левым поперечными синусами (ПС) была обнаружена достоверная отрицательная корреляция линейных скоростей движения крови (r=-0,61; p<0,05). Объясняется это тем, что ускорение локального кровотока в одном из поперечных синусов влечет за собой синхронное падение скорости в контралатеральном венозном синусе. Отмечена тенденция к отрицательной связи скоростей ВСС и ЗС (r=-0,45; p=0,16), что указывает на умеренное перераспределение части потока в ЗС при снижении скорости в ВСС. Сравнительный анализ различных типов стока синусов показал отсутствие статистически значимых межгрупповых различий по показателям средней скорости и объёмного расхода в отдельных венозных синусах.

Выводы. Наибольшая средняя скорость кровотока характерна для верхнего сагиттального синуса (17-22 см/с), наименьшая – для затылочного синуса (8-15 см/с). Во всех синусах выявлена положительная корреляция между скоростью и объёмным расходом крови (r=0,76-0,97; p<0,01), а в прямом синусе – значимая обратная корреляция скорости с градиентом давления при переходе в сток синусов (r=-0,729; p<0,05). Сравнительный анализ показал отсутствие статистически значимых межгрупповых различий по скорости и объёмному расходу при большинстве анатомических вариантов стока синусов. Исключение составляет агенезия одного из поперечных синусов, при которой формируется выраженная компенсаторная перегрузка контралатерального поперечного синуса и частичное перераспределение потока через верхний сагиттальный и затылочный синусы.

Репозиторий ГрГМУ

ЛИТЕРАТУРА

1. Personalized computational fluid dynamics analysis of cerebral venous hemodynamics in a case of deep cerebral vein thrombosis / A. M. Assefa, L. Palaiodimou, G. Bourantas, A. Sakellarios // J Pers Med. – 2025. – Vol. 15, № 12. – P. 570.
2. Quantitative hemodynamics of draining veins in brain arteriovenous malformations using computational fluid dynamics / L. Ma, Y. Chen, P M. Chen [et al.] // Frontiers in Neurology. – 2024. – Vol. 15. – P. 1474857.
3. Salem S. Numerical simulation of blood flow in a vessel by using COMSOL Multiphysics software / S. Salem, V. V. Tuchin // Annual Research & Review in Biology. – 2020. – Vol. 35, № 9. – P. 76-82.
4. A rational approach to meshing cerebral venous geometries for computational fluid dynamics / J. K. Aslan, G. Sidora, N. M. Cancelliere [et al.] // Journal of Biomechanical Engineering. – 2023. – Vol. 145, № 7. – P. 074501.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ ДОШКОЛЬНИКОВ 4-5 ЛЕТ г. ГРОДНО ПО ДАННЫМ 2025-2026 гг.

Малиевская В. Ю.

Гродненский государственный медицинский университет
Гродно, Республика Беларусь

Актуальность. Оценка физического развития детей дошкольного возраста базируется на антропометрических показателях – длине и массе тела. Однако для клинической анатомии не менее важно изучение типов телосложения (соматотипов), отражающих конституциональные особенности организма. Распределение детей по соматотипам позволяет выявлять группы риска по развитию, например, ожирения, задержки роста и других патологических состояний. В Республике Беларусь стандарты ВОЗ внедрены на уровне клинических протоколов, но внутригородская вариабельность распределения соматотипов у дошкольников изучена недостаточно [1, с. 21; 2, 3].

Цель. Провести сравнительный анализ длины и массы тела, а также распределения типов телосложения (по соотношению ИМТ и центильных коридоров ВОЗ) у детей 4-5 лет, посещающих два дошкольных учреждения г. Гродно, в 2025-2026 гг.

Методы исследования. Обследовано 97 детей 4-5 лет: 48 воспитанников ГУО «Детский сад № 87 г. Гродно» (микрорайон Ольшанка) и 49 воспитанников ГУО «Детский сад № 42 г. Гродно» (центр города). Измерения длины тела (ростомер, точность 0,5 см) и массы тела (медицинские весы, точность 0,1 кг)

Репозиторий ГрГМУ