КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИНАМИКИ АОРТЫ И СОННЫХ АРТЕРИЙ

© В.Н. Аптуков, Б.И. Гомзяков, Е.Н. Орехова, Т.В. Матановская
aptukov@psu.ru, borisgomzyakov@yandex.ru

УДК 51-7

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2021-10-06.53.

Рассматриваются ультразвуковые показатели сегментарной функции аорты и сонных артерий 30 здоровых детей. Экспериментальные данные получены на ультразвуковом сканере Acuson S 2000 (Siemens Medical Systems, Mountain View, CA, USA) с использованием технологии визуализации вектора скорости движения. Проанализированы корреляционные зависимости данных показателей с выявлением сильной связи с динамическими параметрами восходящего отдела аорты и отдела сонной артерии. Установлена связь показателей с касательными напряжениями на внутрисосудистой стенке, определенными в рамках классической задачи Пуазейля.

Ключевые слова: корреляционная модель, аорта, сонная артерия, ультразвуковая оценка показателей, касательные напряжения.

Correlation model of ultrasound indicators of the dynamics of the aorta and carotid arteries

The ultrasound indices of the segmental function of the aorta and carotid arteries of 30 healthy children are considered. The experimental data were obtained on an Acuson S 2000 ultrasound scanner (Siemens Medical Systems, Mountain View, CA, USA) using the motion velocity vector visualization technology. The correlation dependences of these indicators were analyzed, with the identification of a strong connection with the dynamic parameters of the ascending aorta and the carotid artery. The relationship between the indicators and the shear stresses on the intravascular wall, determined within the framework of the classical Poiseuille problem, has been established.

Keywords: correlation model, aorta, carotid artery, ultrasound evaluation of indicators, shear stresses.

Аптуков Валерий Нагимович, д-р техн. наук, профессор, ПГНИУ (Пермь, Россия); Valery Aptukov (Perm State University, Perm, Russia)

Гомзяков Борис Игоревич, аспирант, ПГНИУ (Пермь, Россия); Boris Gomzyakov (Perm State University, Perm, Russia)

Орехова Екатерина Николаевна, д-р мед. наук, ФГБУ "ФЦССХ им. С.Г. Суханова" МЗ РФ (Пермь, Россия); Orekhova Ekaterina (Federal Center of Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov, Perm, Russia)

Матановская Татьяна Владимировна, канд. мед. наук, ФГБУ "ФЦССХ им. С.Г. Суханова" МЗ РФ (Пермь, Россия); Matanovskaya Tatiana (Federal Center of Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov, Perm, Russia)

Функциональные нарушения артериальной стенки считаются первым проявлением структурных изменений и предшествуют дальнейшим сердечно-сосудистым заболеваниям [1]. Основные механические свойства артерий определяются нелинейными упругими характеристиками, неоднородностью и анизотропией, вязкоупругими свойствами [2, 3]. В норме артериальная стенка демонстрирует пассивные и активные механические свойства. Пассивные механические свойства реализуются за счет наличия эластина и коллагена. Активные механические свойства артериальной стенки – это упругие деформации.

Наряду с динамическими параметрами кровотока, величиной деформации, артериальной жесткости сосуда и другими функциональными показателями, важное значение имеет величина касательных напряжений (КН) на внутрисосудистой стенке (интимальный слой).

В нашем исследовании предпринята попытка оценки КН на внутрисосудистой стенке в рамках классической задачи теории Пуазейля [4]. В исследовании приняли участие 30 здоровых детей.

Результаты. Выявлено, что КН на стенке восходящего отдела аорты прямо коррелирует со скоростными параметрами трансаортального доплеровского кровотока ($R=0,682$). Диаметр перешейка аорты обратно коррелирует с КН. Полученные нами референсные значения КН в восходящем отделе аорты у обследованных здоровых детей важны для практики, так как позволят более точно оценить гемодинамическую значимость гипоплазированного участка дистальной дуги и перешейка аорты при наличии гипоплазии дуги аорты и рекоарктации аорты.

Выводы. Данные о КН восходящего отдела аорты и общей сонной артерии (ОСА) у детей могут быть использованы как нормативные для оценки механической функции артериальной стенки. Параметры КН восходящего отдела аорты связаны с размерами перешейка аорты. Касательные напряжения в отделе сонной артерии коррелируют с артериальной жесткостью ОСА. Разработана корреляционная модель. Касательные напряжения отражают нарушения биомеханики аорты и сонных артерий, что сопряжено с повышенным риском сердечно-сосудистых осложнений. Дальнейшие исследования по разработанной корреляционной модели могут быть связаны с обобщением приближенного решения для оценки КН на искривленные сосуды с применением численных методов.

Литература

1. *Saito M., Okayama H., Inoue K., Yoshii T., Hiasa G., Sumimoto T., Nishimura K., Ogimoto A., Higaki J.* Carotid arterial circumferential strain by two-dimensional speckle tracking: a novel parameter of arterial elasticity. // *Hypertens Res.* **35**(9): (2012), 897-902.
2. *Ando Y., Ochiai Y., Tokunaga S., et. al.* Size and Stiffness of the Pulmonary Autograft after the Ross Procedure in Children. // *Pediatr Cardiol.*, **Vol. 40**(4).

(2019),776-783.

3. *Nappi F., Nenna A., Spadaccio C., Chello M.* Pulmonary autograft in aortic position: is everything known? // *Transl Pediatr*, **Vol. 6(1)**. (2017),11–17.

4. *Г.Биркгоф* Гидродинамика. Методы, факты, подобие. Пер. со 2-го перераб. англ. изд. под ред. Гуревича М. И. и Смирнова В. А. // Москва: Изд-во Иностранной литературы, (1963),55-56.

5. *Sinelnikov Y., Orekhova E., Matanovskaya T.* Ultrasonographic evaluation of segmental function of the aorta and carotid arteries in healthy infants. // *Circulation pathology and cardiac surgery*, **Vol. 24(1)**. (2020),37-44.

6. *Синельников Ю.С., Орехова Е.Н., Матановская Т.В., Копытова Е.О., Баранова Д.О.* Циркумференциальная деформация и локальная артериальная жесткость общих сонных артерий у здоровых лиц и пациентов с факторами сердечно-сосудистого риска. // *Патология кровообращения и кардиохирургия*, **Том 25(2)**. (2021),60-68