

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Вечеркин В.А.<sup>1</sup>, Воронова О.К.<sup>2</sup>, Тома Д.А.<sup>1</sup>, Коряшкин П.В.<sup>1</sup>**«ТРЕТИЙ РЕЖИМ» ДВИЖЕНИЯ КРОВИ И ПАРАМЕТРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕТЕЙ ПРИ АППЕНДИКУЛЯРНОМ ПЕРИТОНИТЕ И ДЕСТРУКТИВНОЙ ПНЕВМОНИИ**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 394036, г. Воронеж;

<sup>2</sup>Автономная некоммерческая организация высшего образования «Российский новый университет», 105005, г. Москва

**Введение.** В современной мировой литературе отсутствуют данные об изменении центральной гемодинамики у детей с гнойно-септической патологией. Цель работы – улучшить диагностику сердечно-сосудистых нарушений с использованием аппарата «Кардиокод» у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями.

**Материал и методы.** В научном исследовании, аппаратом «Кардиокод» на базе двух областных центров г. Воронежа и г. Белгорода, были изучены параметры гемодинамики у здоровых детей ( $n = 60$ ) и у детей, больных деструктивной пневмонией ( $n = 83$ ) и аппендикулярным перитонитом ( $n = 98$ ). Параметры центральной гемодинамики изучались в до, и послеоперационном периоде до выздоровления.

**Результаты.** Установлено, что у детей с аппендикулярными перитонитами и деструктивными пневмониями ЧСС превышает норму от 37 до 58%. Ударный объем у детей с аппендикулярным перитонитом не отличался от нормальных показателей, а у больных с деструктивной пневмонией, определялось его снижение на 10–15%. Показатели ранней диастолы при поступлении были значительно снижены – от 75 до 85% от нормы. Регистрировалось снижение (уменьшение параметров) быстро изгнания систолы левого желудочка в пределах от 80 до 70% от нормы. У детей с деструктивными пневмониями и аппендикулярными перитонитами, также отмечалось увеличение показателя тонуса восходящей части аорты ( $Vt.a.$ ).

**Выводы.** Использование аппарата «Кардиокод» является эффективным неинвазивным методом ранней диагностики и контроля лечения гемодинамических нарушений у детей с аппендикулярными перитонитами и деструктивными пневмониями.

Ключевые слова: дети; «третий режим» движения крови; аппендикулярный перитонит; деструктивная пневмония; «Кардиокод»; центральная гемодинамика.

**Для цитирования:** Вечеркин В.А., Воронова О.К., Тома Д.А., Коряшкин П.В. «Третий режим» движения крови и параметры центральной гемодинамики у детей при аппендикулярном перитоните и деструктивной пневмонии. *Детская хирургия.* 2019; 22(4): 193-195. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-4-193-195>

**Для корреспонденции:** Вечеркин Владимир Александрович, доктор мед. наук, профессор, зав. кафедры детской хирургии ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» МЗ РФ, 394036, г. Воронеж. E-mail: [vecherkinva@mail.ru](mailto:vecherkinva@mail.ru)

Vecherkin V.A.<sup>1</sup>, Voronova O.K.<sup>2</sup>, Toma D.A.<sup>3</sup>, Koryashkin P.V.<sup>1</sup>**THE “THIRD MODE” OF BLOOD FLOW AND PARAMETERS OF CENTRAL HEMODYNAMICS IN CHILDREN WITH APPENDICULAR PERITONITIS AND DESTRUCTIVE PNEUMONIA**

<sup>1</sup>Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, 394036, Russian Federation

<sup>2</sup>Autonomous Non-Commercial Institution of Higher Education “Russian New University”, Moscow, 105005, Russian Federation

**Introduction.** In modern world literature there are no data on changes in the central hemodynamics in children with purulent-septic pathologies. Purpose: to improve diagnostics of cardiovascular disorders in children with appendicular peritonitis and destructive pneumonia using device “Cardiocode”.

**Material and methods.** The trial with “Cardiocode” was conducted in two regional medical centers in Voronezh and Belgorod. Hemodynamic parameters were studied in healthy children ( $n = 60$ ), in children with destructive pneumonia ( $n = 83$ ) and in children with appendicular peritonitis ( $n = 98$ ). Parameters of the central hemodynamics were studied in pre- and postoperative period until recovery.

**Results.** It has been found out that in children with appendicular peritonitis and destructive pneumonia the heart rate exceeds normal limits by 37-58%. The stroke volume in children with appendicular peritonitis did not differ of normal values, while in children with destructive pneumonia it declines by 10-15%. Early diastole was significantly reduced on admission, by 75-85% of normal limits. Reduction of parameters was recorded in the rapid expulsion of left ventricular systole from 80% to 70% of normal limits. In children with destructive pneumonia and appendicular peritonitis, tone of the ascending part of the aorta ( $Vt.a.$ ) was increased as well.

**Conclusion.** Apparatus “Cardiocode” is an effective non-invasive tool for early diagnostics and for controlling treatment of hemodynamic disorders in children with appendicular peritonitis and destructive pneumonia.

Key words: children; “third mode” of blood flow; appendicular peritonitis; destructive pneumonia; Cardiocode; central hemodynamics.

**For citation:** Vecherkin V.A., Voronova O.K., Toma D.A., Koryashkin P.V. The “third mode” of blood flow and parameters of central hemodynamics in children with appendicular peritonitis and destructive pneumonia. *Detskaya khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)* 2019; 23(4): 193-195. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-4-193-195>

**For correspondence:** Vladimir A. Vecherkin, Dr. Sc. (med), professor, head of chair of pediatric surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, 394036, Russian Federation. E-mail: [vecherkinva@mail.ru](mailto:vecherkinva@mail.ru)

**Information about authors:**

Vecherkin V.A., <https://orcid.org/0000-0002-6024-6585>; Voronova O.K., <https://orcid.org/0000-0003-2976-0794>; Toma D.A., <https://orcid.org/0000-0002-2010-1728>; Koryashkin P.V., <https://orcid.org/0000-0002-6447-5035>

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

Received: February 14, 2019

Accepted: June 24, 2019

## Введение

В классической гидродинамике представлены два режима движения жидкости. Это ламинарный и турбулентный потоки. Физиологи и кардиологи считают, что кровь течёт по сосудам в ламинарном потоке, а в устье аорты течение турбулентное. Движение крови в ламинарном режиме подчиняется и описывается законом Гагена–Пуазейля, характерной особенностью которого является параболическое распределение скоростей в сечении различных сосудов [1–3]. При таком ламинарном течении все компоненты крови (форменные элементы и плазма) равномерно распределены в кровотоке сосуда и движутся со средней скоростью движения всего потока.

Экспериментальные работы по движению крови в кровеносных сосудах не подтвердили концепцию о параболическом распределении скоростей и равномерной структуре потока крови. Показано, что в восходящей аорте профиль скорости плоский, а в нисходящем участке грудной аорты и в других артериях более мелкого калибра, он приобретает М-образную форму [4].

Экспериментально было отмечено, что линейные скорости движения плазмы и эритроцитов не равны – эритроциты движутся со скоростью более высокой, чем плазма [5]. Это особенное распределение скоростей не присуще ни движению крови в режиме Пуазейля, ни турбулентному. Кроме того, следует отметить, что концепция о движении крови в режиме Гагена–Пуазейля противоречит «принципу оптимальности» в биологии [6]. Изложенные факты говорят о том, что кровь движется по сосудам не в режиме Пуазейля, а в другом режиме, при котором существенно снижены потери напора в результате трения и имеет место структурирование потока.

Авторами был обнаружен неизвестный ранее «третий» режим движения жидкости, отличающийся от ламинарного (режим Пуазейля) и турбулентного, с минимальным трением и особой волнообразной структурой потока. Исследователями было установлено, что именно в этом «третьем» режиме, движется кровь по кровеносным сосудам [7–9].

Первые теоретические и экспериментальные исследования в области гидродинамики, приведшие к разработке теории «третьего» режима течения жидкости, были осуществлены в конце 60-х годов прошлого века российским ученым Поединцевым Г.М. (1929–2006 гг.). С конца 70-х годов в этих работах принимала участие Воронова О.К.

На основе математической модели движения крови по сосудам в «третьем» режиме разработан новый неинвазивный способ определения параметров центральной гемодинамики по длительностям фаз сердечного цикла, в том числе способ, использованный в данной работе (метод Поединцева–Вороновой).

## Актуальность

В современной неотложной детской хирургии практически все заболевания, в той или иной степени, сопровождаются нарушениями деятельности сердечно-сосудистой системы. Ранняя диагностика изменений параметров центральной гемодинамики (ЦГ) представляет особо актуальную проблему, так как позволяет диагностировать в ранние сроки шоковые состояния, проводить рациональную комплексную терапию, с возможностью прогнозирования исхода заболевания.

Многие исследователи описывают значительные нарушения сердечной деятельности как перистальтического насоса у пациентов с экстренной хирургической патологией, шокогенной травмой и гнойно-септическими заболеваниями (Р.Л. Кешишян, 2010 г.; А.Н. Закревский, Н.В. Булгакова, 2013 г.). Кроме того, в 2013 г. Пикуза О.И.

и соавт. [10, 11] показали, что в патогенезе развития тяжелых пневмоний, вслед за этапом дыхательных нарушений происходит развитие сердечно-сосудистой недостаточности, в том числе расстройства циркуляторного характера и перегрузка малого круга кровообращения. Вследствие чего происходит спазмирование сосудов малого круга кровообращения, которое обуславливает легочную гипертензию и повышенную нагрузку на правые отделы сердца. В результате происходит снижение сократительной способности миокарда, что в свою очередь, обуславливает нарушение периферической гемодинамики и расстройство микроциркуляции.

При тяжелом течении пневмонии возникает метаболическая недостаточность миокарда (синдром Hegglin II), дегенеративные изменения в мышце сердца и сосудах, повышение проницаемости капилляров.

Кроме того, некоторые авторы считают, что у детей при пневмониях проходящие клинические изменения сердечно-сосудистой системы следует рассматривать как феномен кардиоваскулярной дезадаптации, что способствует усилению симптомов эндотоксикоза и дыхательной недостаточности, и поэтому необходима ранняя диагностика с целью коррекции лечения и профилактики осложнений [12].

Изучение параметров ЦГ методом Поединцева–Вороновой аппаратом «Кардиокод» у детей способствует диагностике лёгочной гипертензии или дефицита ОЦК по показателям фазы ранней диастолы (Vp.d.).

Цель работы: улучшить диагностику сердечно-сосудистых нарушений с использованием аппарата «Кардиокод» у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями.

## Материал и методы

Перед исследованием параметров ЦГ у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями, с помощью аппарата «Кардиокод» нами были изучены параметры насосной функции сердца у 60 здоровых детей в возрасте от 3 до 17 лет, который регистрировал ЭКГ и реограмму и рассчитывал нижеуказанные показатели (полученные результаты у здоровых детей представлены в таблице, в виде референсных значений). УО (мл) – ударный объем; МОК (мл) = УО · ЧСС – минутный объем кровообращения; Vp.d. (мл) – объем крови, притекающий в левый желудочек в фазу медленного наполнения в результате действия присасывающей функции желудочка и венозного притока (ранняя диастола); Vc.п. (мл) – объем крови, притекающий в левый желудочек в фазу систолы предсердия, характеризующий контрактильную способность миокарда левого предсердия (систола предсердия). Кроме этого, диастолические объемно-фа-

### Параметры ЦГ у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями, в день поступления в хирургический стационар, $M \pm m$

Параметр ЦГ	Аппендикулярный перитонит, % от нормы, $n = 98$	Деструктивная пневмония, % от нормы, $n = 83$	Норма, референсное значение, мл, $n = 60$
ЧСС, уд в 1 мин	126 ± 0,23	143 ± 0,17	92,32 ± 1,26
УО, мл	96 ± 0,09	84 ± 0,11	31,56 ± 1,68
Vp.d., мл	84 ± 0,14	78 ± 0,16	24,67 ± 0,03
Vc.п., мл	108 ± 0,26	119 ± 0,23	8,06 ± 0,02
Vб.и., мл	84 ± 0,19	71 ± 0,16	26,02 ± 0,03
Vм.и., мл	102 ± 0,26	106 ± 0,22	6,72 ± 0,02
Vт.а., мл	103 ± 0,18	106 ± 0,16	10,87 ± 0,01

Примечание.  $M$  – средние арифметические величины;  $m$  – средняя ошибка среднего арифметического;  $n$  – количество наблюдений.  $p < 0,05$  – достоверные различия по  $t$ -критерию Стьюдента.

зовые параметры V р.д. и Vc.п. характеризуют уровень преднагрузки; Vб.и. (мл) – объем крови, изгоняемый левым желудочком в фазу быстрого изгнания (быстрое изгнание); Vм.и. (мл) – объем крови, изгоняемый левым желудочком в фазу медленного изгнания (медленное изгнание). Систолесические объемно-фазовые параметры Vб.и., Vм.и. характеризуют сократительную способность миокарда левого желудочка; Vт.а. (мл) – объем крови, перекачиваемый восходящей аортой как перистальтическим насосом (в фазу медленного изгнания) и за счет этого снижается постнагрузка левого желудочка. Этот показатель характеризует тонус восходящей аорты. «Кардиокод» показывает референсные значения для каждого ребенка в зависимости от пола, возраста, массы тела. У больных с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями, аппарат, в том числе, регистрирует процент отклонения параметров гемодинамики от нормы.

В клинике детской хирургии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко г. Воронежа и Детской областной клинической больницы г. Белгорода за последние 5 лет находились на лечении 83 ребенка с деструктивной пневмонией, и 98 детей с аппендикулярным перитонитом, в возрасте от 3 до 17 лет, у которых, при поступлении в хирургический стационар, были изучены параметры ЦГ при помощи аппарата «Кардиокод».

Детям с аппендикулярным перитонитом производилась лапароскопическая аппендэктомия и санация брюшной полости. Пациентам с деструктивными пневмониями выполняли пункцию, дренирование плевральной полости и санационную видеоторакоскопию, по показаниям.

## Результаты

Установлено, что в день поступления у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями ЧСС превышает норму на 37–58%. Ударный объем у детей с аппендикулярным перитонитом не отличался от нормальных показателей, а у больных с деструктивными пневмониями при поступлении определялось его снижение на 10–15%. Параметры МОК у детей с аппендикулярным перитонитом и деструктивными пневмониями незначительно изменились или оставались на нормальных значениях.

Показатели ранней диастолы (Vр.д.), указывающие на венозный возврат, были значительно снижены при поступлении, от 75 до 85% от нормы. При этом параметры систолы предсердия (Vс.п.) носили компенсаторный характер, превышая норму на 10–20%.

Рассматривая сократительную способность миокарда, мы констатируем, что у больных с аппендикулярным перитонитом и деструктивной пневмонией регистрируется снижение Vб.и. в пределах от 80 до 70% от нормы. При этом показатели Vм.и. у большинства детей находятся на нормальных значениях или незначительно их превышают. У детей с деструктивными пневмониями и аппендикулярным перитонитом, также отмечалось увеличение показателя тонуса восходящей части аорты (Vт.а.).

Полученные результаты представлены в таблице.

При поступлении в стационар, у 85 детей с аппендикулярными перитонитами и 71 ребенка с деструктивными пневмониями, при анализе данных параметров центральной гемодинамики, показатели ранней диастолы были снижены. Это подтверждает, что ранняя диастола представляет собой один из важнейших параметров насосной функции сердца, и ее уменьшение является ранним признаком снижения ОЦК. Изучение параметров центральной гемодинамики позволяет в первые часы, при поступлении ребенка в хирургический стационар, проводить диагностику сердечно-сосудистых нарушений и осуществлять патогенетически обоснованную комплексную терапию.

## Выводы

У детей с гнойными деструктивными пневмониями и аппендикулярными перитонитами регистрируются значительные нарушения показателей ЦГ (% от нормы),

а именно ЧСС ( $\wedge$  до 143%), УО ( $\vee$  на 10–15%), Vр.д. ( $\vee$  на 15–25%), Vб.и. ( $\vee$  20–28%).

Параметры ранней диастолы (Vр.д) и фазы быстрого изгнания (Vб.и) являются одними из важнейших показателей насосной функции сердца, отражающие венозный возврат и сократительную способность миокарда, и являются критериями ранней диагностики сердечно-сосудистых нарушений, которые диагностируются при поступлении в хирургический стационар.

Использование аппарата «Кардиокод» является эффективным неинвазивным методом ранней диагностики и контроля лечения гемодинамических нарушений у детей с аппендикулярными перитонитами и деструктивными пневмониями.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

## ЛИТЕРАТУРА (пп. 10, 11 см. в REFERENCES)

1. Фолков Б., Нил Э. *Кровообращение*. М.: Медицина; 1976.
2. *Руководство по кардиологии. Том I*. Под ред. Е.И.Чазова. М.: Медицина; 1982.
3. Джонсов П. *Периферическое кровообращение*. М.: Медицина; 1982.
4. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. *Механика кровообращения*. М.: Мир; 1981.
5. Селезнев С.А., Вашетина С.М., Мазуркевич Г.С. *Комплексная оценка кровообращения в экспериментальной патологии*. Л.: Медицина; 1976.
6. Розен Р. *Принцип оптимальности в биологии*. М.: Мир; 1969.
7. Воронова О.К. *Разработка моделей и алгоритмов автоматизированной оценки транспортной функции сердечно-сосудистой системы*. Дис. канд. тех. наук: ВГТУ: Воронеж; 1995.
8. Поединцев Г.М. О режиме движения крови по кровеносным сосудам. В сб. научных трудов: *Развитие новых неинвазивных методов исследования в кардиологии*. Воронеж: 1983.
9. *Теоретические основы фазового анализа сердечного цикла*. Москва, Хельсинки: Изд-во ИКМ; 2007.
10. Лим М.В., Исаева Л.И., Урунова М.А. Диагностика сердечно-сосудистой недостаточности при пневмониях у детей раннего возраста. *Детская хирургия*. 2019; 23(8): 36.

## REFERENCES

1. Folkov B., Nil E. *Blood circulation [Krovoobrashchenie]* Moscow: Medicina; 1976. (in Russian)
2. *Guide to cardiology. Volume I. [Rukovodstvo po kardiologii. Tom I]*. Ed. Chazova E.I. Moscow: Medicina; 1982. (in Russian)
3. Jonsov P. *Peripheral blood circulation [Perifericheskoe krovoobrashchenie]*. Moscow: Medicina; 1982. (in Russian)
4. Caro K., Pedley T., Schroter R., Sid U. *Circulatory Mechanics [Mekhanika krovoobrashcheniya]*. M.: Mir; 1981. (in Russian)
5. Seleznev S.A., Vashetina S.M., Mazurkevich G.S. *Comprehensive assessment of blood circulation in experimental pathology [Kompleksnaya otsenka krovoobrashcheniya v experimental'noy patologii]*. Leningrad: Medicina; 1976. (in Russian)
6. Rosen R. *The principle of optimality in biology [Printsip optimal'nosti v biologii]*. Moscow: Mir; 1969. (in Russian)
7. Voronova O.K. *Development of models and algorithms for automated assessment of the transport function of the cardiovascular system: Dis. Cand. those. Sciences: VSTU. Voronezh: 1995. (in Russian)*
8. Poedintsev G.M. On the mode of movement of blood through the blood vessels. *On Sat scientific papers: The development of new non-invasive research methods in cardiology [V sbornike nauchnykh trudov: Razvitiye novykh neinvazivnykh metodov issledovaniya v kardiologii.]*. Voronezh: 1983. (in Russian)
9. *Theoretical foundations of phase analysis of the cardiac cycle [Teoreticheskie osnovy fazovogo analiza serdechnogo tsikla]*. Moscow, Helsinki: Publishing house IKM; 2007. (in Russian)
10. Chatha N., Fortin D., Bosma K.J. Management of necrotizing pneumonia and pulmonary gangrene: a case series and review of the literature. *Can Respir J*. 2014;21:239–45.
11. Loizzi M., De Palma A., Pagliarulo V., Loizzi D., Sollitto F. Pulmonary infections of surgical interest in childhood. *Thorac Surg Clin*. 2012;22:387–401.
12. Lim M.V., Isayeva L.I., Runova M.A. Diagnosis of cardiovascular insufficiency in pneumonia in young children. *Detskaya khirurgiya*. 2019; 23(8): 36.

Поступила 14 февраля 2019

Принята 24 июня 2019