

УДК 612-053.2:616.12-007-053.1

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ322794>

Особенности физического и моторного развития детей с врождёнными пороками сердца

Е. М. Савова✉, А. Ю. Заварина, В. Н. Шведунова, М. Л. Ермоленко

Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Для детей с врождёнными пороками сердца (ВПС) характерны особенности развития, в основе которых лежит патология сердечно-сосудистой системы. Тип, тяжесть ВПС, возраст коррекции порока и ряд других факторов оказывают непосредственное влияние на выраженность его не кардиологических осложнений, таких как нарушения физического и моторного развития, обусловленных особыми условиями формирования нервной системы в условиях ВПС.

Цель. Систематизировать имеющиеся в настоящее время данные об особенностях физического и моторного развития детей с ВПС, о лежащих в их основе факторах, обосновать важность более углублённого обследования детей на всех этапах их развития и необходимость коррекции выявленных нарушений с момента их диагностики.

В обзоре представлены данные о распространённости и особенностях отклонений в моторном развитии у детей с ВПС в разные возрастные периоды; описаны факторы, предрасполагающие к их развитию, а также возможности диагностики и коррекции таких нарушений. Кроме того, приведены сведения о развитии функции равновесия, которая также страдает у данной когорты пациентов. Так как физическое и моторное развитие детей тесно связаны между собой, с развитием нервной и состоянием мышечной систем, а сила мышц и равновесие являются неотъемлемыми компонентами некоторых моторных навыков, каждому из этих параметров посвящён отдельный раздел статьи. При цианотических пороках чаще выявляются нарушения в прибавке массы тела, а при ацианотических — отставание детей в росте и массе тела. Ещё одним проявлением задержки физического развития детей с ВПС является дефицит развития мышечной массы, что отражается в подтверждённом исследованиями снижении силы мышц у данной категории пациентов. Нарушения в мелкой и/или крупной моторике отмечается у $\frac{1}{3}$ – $\frac{2}{3}$ детей с ВПС с раннего возраста до совершеннолетия. Нарушения в двигательной сфере в детском возрасте влекут за собой гиподинамию, психологические и когнитивные проблемы, трудности в социализации ребёнка, значительно снижая качество жизни.

Заключение. Для детей с ВПС характерны особенности физического и моторного развития, которые оказывают существенное влияние на жизнь ребёнка. Поэтому в настоящее время крайне остро стоит необходимость обследования не только сердечно-сосудистой системы, но и физического развития, двигательной сферы у детей с ВПС, своевременного выявления отклонений в физическом и моторном развитии и их целенаправленной реабилитации.

Ключевые слова: врождённые пороки сердца; дети; моторное развитие; физическое развитие; крупная моторика; мелкая моторика; равновесие; мышечная сила; реабилитация

Для цитирования:

Савова Е.М., Заварина А.Ю., Шведунова В.Н., Ермоленко М.Л. Особенности физического и моторного развития детей с врождёнными пороками сердца // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2024. Т. 32, № 1. С. 121–132. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ322794>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ322794>

Features of Physical and Motor Development of Children with Congenital Heart Diseases

Elena M. Savova✉, Anna Yu. Zavarina, Valentina N. Shvedunova, Marina L. Ermolenko

A. N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION: Children with congenital heart diseases (CHD) have certain peculiarities of development determined by the pathology of the cardiovascular system. The type, severity of CHD, the age of correction of the disorder and a number of other factors have a direct impact on the severity of its non-cardiologic complications, such as disorders in physical and motor development attributable to specific conditions of formation of the nervous system in children with CHD.

AIM: To systematize the currently available data on the peculiarities of physical and motor development of children with CHD and their underlying factors, to justify the importance of a more in-depth examination of children at all stages of their development and of the need to correct the identified disorders starting from the moment of their diagnosis.

The review presents the data on the incidence and peculiarities of deviations in motor development of children with CHD at different age periods; describes factors predisposing to their development, as well as the possibilities of diagnosis and correction of such disorders. Besides, information is provided on the development of the balance function that is also impaired in this cohort of patients. Since the physical and motor development of children are closely interrelated and related to the development of the nervous and muscular systems, and the muscle strength and balance are integral components of some motor skills, each of these parameters is considered in a separate section of the article. Acyanotic heart diseases are more commonly associated with disorders in the weight gain, and cyanotic ones — with retardation of children in growth and body mass. Another manifestation of retardation of physical development of children with CHD is deficit of muscle mass development reflected in the research-confirmed reduction of muscle strength in this category of patients. Disorders in fine and/or large motor skills are noted in one to two thirds of children with CHD from an early age to adulthood. Disorders in the motor sphere in childhood entail physical inactivity, psychological and cognitive problems, difficulties in socialization significantly reducing the quality of life.

CONCLUSION: Children with CHD are characterized by peculiarities of the physical and motor development, which have a significant impact on the child's life. Therefore, currently of paramount importance is not only examination of the cardiovascular system of children with CHD, but also their physical and motor development, as well as timely identification of deviations in the physical and motor development and their targeted rehabilitation.

Keywords: congenital heart diseases; children; motor development; physical development; large motor skills; fine motor skills; balance; muscle strength; rehabilitation

For citation:

Savova EM, Zavarina AYu, Shvedunova VN, Ermolenko ML. Features of Physical and Motor Development of Children with Congenital Heart Diseases. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2024;32(1):121–132. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ322794>

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВПС — врождённый порок сердца
ЕЖ — единственный желудочек
ИК — искусственное кровообращение
ТМС — транспозиция магистральных сосудов
СГЛС — синдром гипоплазии левого сердца
SD — standard deviation (стандартное отклонение)

ВВЕДЕНИЕ

Врождённые пороки сердца (ВПС) выявляются примерно у 9 новорождённых детей из 1000, что составляет 1,35 млн ежегодно по всему миру [1], и около четверти из них нуждаются в хирургическом лечении на первых месяцах жизни [2]. Учитывая возросшую выживаемость детей с ВПС по сравнению с прошлым веком и достижение большинством из них взрослого возраста, всё более актуальной становится коррекция не кардиологических осложнений ВПС, к которым относятся нарушения моторного развития.

У детей от природы есть потребность в физической активности. Двигательная активность ребёнка способствует его общему развитию в раннем возрасте и становлению его как полноценного члена общества в более старшем возрасте. Для детей с ВПС характерно отставание в развитии, выраженность которого зависит от исходной тяжести порока и наличия генетических заболеваний, которые выявляются у 30% детей с ВПС [3]. Помимо этого, пациенты с ВПС относятся к категории повышенного риска повреждения головного мозга, обусловленного особенностями внутриутробного развития, постнатального воздействия гипоксии и интраоперационных факторов (например, искусственного кровообращения (ИК)), что влечёт за собой отклонения нейромоторного развития. Особенности гемодинамики и обмена веществ, приём медикаментов, гипоксемия и ряд других факторов, обусловленных наличием ВПС, оказывают влияние и на физическое развитие детей. Данное понятие объединяет процесс роста, прибавку массы тела, развитие мышечной системы и других систем органов, которые, в свою очередь, зависят от зрелости и функциональных способностей нервной системы.

Цель — систематизировать имеющиеся в настоящее время данные об особенностях физического и моторного развития детей с врожденными пороками сердца, о лежащих в их основе факторах, обосновать важность более углублённого обследования детей на всех этапах их развития и необходимость коррекции выявленных нарушений с момента их диагностики.

Так как физическое и моторное развитие детей тесно связаны между собой, с развитием нервной и состоянием мышечной систем, а сила мышц и равновесие являются неотъемлемыми компонентами некоторых

моторных навыков [4], каждому из этих параметров посвящен отдельный раздел статьи.

Физическое развитие детей с ВПС

По данным литературы, для пациентов с врождёнными пороками сердца характерно отставание роста и массы тела, что связано с недостаточностью питания [5, 6]. Отставание в росте у детей с ВПС связывают с гипоксией тканей, повышенным обменом веществ, нарушениями всасывания питательных веществ, низкими концентрациями инсулиноподобного фактора роста-1, сниженным сердечным выбросом, лёгочной гипертензией, повторными инфекциями дыхательной системы, приёмом ряда лекарственных препаратов, генетическими особенностями [5]. Считается, что нарушения роста у младенцев с цианотическими пороками сердца прямо пропорциональны тяжести гемодинамических нарушений, а наличие цианоза при заболевании сердца у детей усугубляет выраженность недостаточности питания: по статистике при «бледных» пороках в большей степени нарушается набор массы тела ребёнка, тогда как при «синих» ВПС чаще отмечается отставание детей в росте и массе тела [5]. Ещё одним немаловажным фактором является питание. Матери детей с ВПС часто жалуются на проблемы с кормлением из-за плохого аппетита или отказа ребёнка от пищи [7]. Следует обратить внимание, что трудности с кормлением у ребёнка с ВПС могут быть не только признаком сердечной недостаточности, но и сопутствующей неврологической патологии [8], которая может быть следствием и/или усугубляться гипоксией тканей в условиях нарушенной гемодинамики.

Одной из первых публикаций по данной проблеме стали данные J. Wenn о росте и массе тела детей школьного возраста с открытым артериальным протоком: масса тела мальчиков и девочек, по статистике, была ниже, чем у сверстников, и при этом, девочки оказались статистически значимо выше ровесниц [9].

M. Campbell, et al. провели анализ данных 200 пациентов (0–35 лет; 88,5% — дети 0–14 лет) с различными ВПС, около половины из которых имели тетраду Фалло. Учёные выявили, что чем более выражен цианоз, тем сильнее ВПС отражается на росте пациента: средний рост в группе цианотических пороков составил 98% от нормальных значений, тогда как в группе тяжёлых «синих» пороков — 94%. Учёные доказали,

что наличие ВПС оказывает большее влияние на массу тела пациентов. Так, средняя масса тела в изучаемой когорте соответствовала 85% от средней нормальной. Причём выраженность цианоза оказалась обратно пропорциональна массе тела: этот показатель при «бледных» и тяжёлых «синих» пороках оказался равен 91% и 77% от средней нормальной массы тела, соответственно. Также было выявлено, что по мере взросления пациентов масса тела всё больше начинает зависеть от возраста и меньше от роста. Обращает на себя внимание, что у пациентов с тетрадой Фалло отклонения от нормы как по росту (97,1% против 94,5%), так и по массе тела (87,2% против 78,3%) были выражены значительно меньше, чем при других цианотических ВПС, в связи с чем авторы сделали вывод, что не только цианоз оказывает влияние на отставание в развитии детей в ВПС [10].

В литературе середины XX в. был сделан ряд предположений о других возможных причинах отклонений в физическом развитии детей с ВПС. Н. Taussig в своей книге «Врождённые пороки сердца», впервые опубликованной в 1947 г., отметила, что лучшее физическое развитие детей с тетрадой Фалло может быть обусловлено отсутствием перегрузки малого круга кровообращения, что отмечается при неоперированном открытом артериальном протоке, дефекте межпредсердной перегородки или транспозиции магистральных сосудов (ТМС) [11]. Также давно замечено, что у детей с ВПС помимо отсутствия подкожно-жировой клетчатки очень плохо развита мышечная масса, что усугубляется отсутствием нормальной физической активности и не может не оказывать влияние на массу тела ребёнка [10].

Несмотря на часто своевременную коррекцию ВПС в последние годы, проблема отставания в физическом развитии детей с ВПС до сих пор остаётся актуальной. В Китайском исследовании начала XXI в. при сравнении дошкольников с ВПС и их здоровых сверстников выявлены статистически значимые различия в росте и массе тела: дети с ВПС были немного ниже и значительно легче своих сверстников. Тяжёлое отставание в физическом развитии (рост и масса тела ниже 3 перцентиля) отмечалось у 13% детей с ВПС и у 1% здоровых детей [12]. С. Chien, et al. при сравнении детей раннего и дошкольного возраста с ВПС со здоровыми сверстниками также отметили более низкую массу тела при рождении, более низкие соотношения рост/возраст и масса тела/возраст в группе с пороком сердца [7]. А в недавнем исследовании детей раннего возраста с ВПС S. Maу, et al. выявили дефицит массы тела (менее -2 стандартных отклонений (SD)) и роста (менее -3SD) у 42,3% и 38,5% детей с «синими» пороками, соответственно, и у 11,5% детей с «бледными» пороками по обоим показателям [6]. С. Rego, et al. у 6,3% детей с ВПС 6–15 лет выявили недостаточность питания по индексу вес/возраст и у 18,5% — по соотношению индекса массы тела к возрасту. Низкий рост отмечался у 15,6% обследованных [13].

Мышечная сила

Дефицит развития мышечной массы детей с ВПС не может не отражаться на мышечной силе. Результаты исследований, посвященных изучению этой темы, подтверждают снижение силы мышц у детей с ВПС. Так, у школьников с пороком сердца мышечная сила четырехглавой мышцы бедра и сила мышц кисти оказались на 21,4% и 17,7% ниже показателей контрольной группы [4]. В исследовании, сравнивавшем мышечную силу кисти у 569 детей с ВПС с 2551 здоровым ребёнком, обнаружено, что этот показатель в основной группе оказался значительно ниже, чем в группе сравнения (20,8 кг против 24,5 кг). Учёные также выявили, что у детей со сложным ВПС наименьшие значения мышечной силы кисти были 19,8 кг, с ВПС средней степени тяжести — 20,7 кг, с простым ВПС — 22,5 кг [14]. Таким образом, степень цианоза при ВПС отражается не только на весо-ростовых показателях ребёнка, но и на развитии силы мышц. По последним данным в повышенном риске снижения мышечной силы находятся именно дети со сложными ВПС, особенно с одножелудочковыми пороками [15], что подтвердили М. Meyer, et al., выявив наименьшие показатели мышечной силы в группе детей после операции Фонтена [14].

В бразильском исследовании, в которое было включено 32 ребёнка с ВПС от 6 до 15 лет, снижение силы мышц кисти было обнаружено у 96,9% пациентов. В связи с тем, что у 43,8% детей с мышечной силой ниже нормы авторы выявили низкий функциональный резерв мышц, то они сделали предположение, что эта когорта пациентов может иметь повышенный риск развития саркопении [13]. Данные опубликованного в октябре 2022 г. систематического обзора и метаанализа подтвердили, что дети и подростки (до 18 лет) с ВПС имеют сниженную мышечную силу по сравнению с контрольной группой (-34,07 Н•м), и хотя метаанализ мышечной силы кисти не выявил значимой разницы между этими двумя группами (0,08 Н•м), он показал снижение силы мышц конечностей в группе детей с ВПС. Также авторы отметили, что для пациентов с ВПС характерна более низкая сила респираторных мышц [16].

Не вызывает сомнений, что физическая активность невозможна без работы мышц. Регулярное задействование мышечной массы в физической активности приводит к повышению как силы и выносливости мышц, так и физической работоспособности, однако следует учитывать, что сила мышц кисти слабо связана с физической работоспособностью пациента [14], поэтому эти параметры требуют отдельной оценки и коррекции.

Моторное развитие

Работа мышц тела обеспечивает произвольную двигательную деятельность. Моторное развитие предопределяет точность и скорость двигательной активности, а следовательно, достижение её задачи. Моторика — это

совокупность скоординированных действий человека, направленных на выполнение точных движений.

Отставание в моторном развитии считается одной из основных проблем развития у детей [5]. Моторные нарушения могут оказывать негативное влияние на разные сферы жизни ребёнка: на выполнение повседневных действий (например, одевание, приём пищи), на участие в играх с другими детьми, школьных мероприятиях, спорте, на самооценку ребёнка и его положение в обществе сверстников. Всё это в дальнейшем может вести к малоподвижному образу жизни и усугублять проблемы со здоровьем [4].

Развитию моторики у детей с врождёнными пороками сердца учёные стали уделять больше внимания последние два десятилетия, хотя ещё в 1949 г. M. Campbell, et al. обратили внимание на отставание в освоении ходьбы у этой когорты пациентов [10]. На данный момент известно, что задержка в моторном развитии характерна для 30–60% детей с ВПС [8, 17] примерно в равных пропорциях в разные возрастные периоды [17].

По статистике, нарушение моторных навыков у детей с ВПС выявляется с раннего возраста. По данным многолетних исследований, отставание в развитии крупной моторики у этой категории детей выявляется уже с возраста 2 месяцев [18]. S. Fourdain, et al. опубликовали данные о том, что 79% младенцев с ВПС в возрасте 4 месяца имели отставание в моторном развитии и нуждались в восстановительном лечении [18].

При отсутствии коррекции моторных нарушений в грудном возрасте, особенно при наличии тяжёлого ВПС у ребёнка, проблема сохраняется и в раннем детском возрасте. Результаты анализа данных 294 детей с ВПС показали, что только 52% из них научились ходить к возрасту 18 месяцев, и 73% — к 2 годам, в связи с чем исследователями был сделан вывод о том, что на время начала ходьбы непосредственное влияние оказывают цианоз/снижение сатурации кислорода крови и плохое развитие мышечной массы. Так, в группе с «бледными» пороками 76% и 92% детей научились ходить к 1,5 и 2 годам, тогда как в когорте «синих» пороков — только 47% и 69%, соответственно [10]. По последним данным, позднее начало ходьбы является предиктором нарушений даже у здоровых детей дошкольного возраста в таких показателях моторного развития, как мелкая моторика и равновесие [19].

Ряд исследований был посвящён обследованию детей с ВПС дошкольного возраста. По данным A. Nasiruzzaman, et al., у 60% детей с пороками сердца ($n = 50$) в возрасте $3,04 (\pm 2,01 \text{ SD})$ года отмечалось отставание в развитии крупной моторики, а у 54% выявлены нарушения мелкой моторики [5]. В швейцарское исследование было включено 233 ребёнка с ВПС, перенёсших операцию с ИК, 64 из которых имели подтверждённое генетическое заболевание. Средний возраст изучаемой когорты составил 6,3 года

(5,1–6,8 лет). При сравнении основных показателей моторного развития с нормой у детей с ВПС без генетической патологии выявлены статистически значимые нарушения моторного развития ($p < 0,01$), при этом выраженные отклонения в моторных навыках отмечались с частотой 21,2–41,1% (в зависимости от исследуемого навыка) [20]. C. Chien, et al. в недавнем исследовании также выявили отставание детей с ВПС до 6 лет по общему моторному развитию с наиболее выраженными нарушениями в крупной моторике [7].

В международной литературе также встречаются данные о том, что проблемы с моторной функцией есть и у детей более старшего возраста. По данным S. Dordel, et al., у 75% детей с цианотическими и 42% детей с ацианотическими ВПС школьного возраста отмечались нарушения моторного развития средней (25% и 26,3%, соответственно) или тяжёлой (50% и 15,8%, соответственно) степени тяжести [21]. По результатам другого исследования у детей дошкольного и школьного возраста после хирургической коррекции ТМС отклонения в крупной и мелкой моторике отмечались в 23,4% и 22,1% случаев, соответственно [22]. R. Liamlahi, et al. при сравнении детей с ВПС 7–17 лет со здоровыми сверстниками получили статистически значимо худшие результаты во всех областях моторного развития в основной группе ($p \leq 0,001$) с наиболее выраженными отклонениями в крупной моторике ($p < 0,001$). Также учёные отметили, что 54% детей с отклонениями в моторной функции имели расстройство поведения [23]. Группа исследователей под руководством I. Holm выявила, что у детей с ВПС от 7 до 12 лет в 42,5% случаев отмечались моторные нарушения разной степени выраженности [4].

Маловероятно, что нарушения моторного развития, выявленные в раннем возрасте, самостоятельно нивелируются с возрастом [4]. Это подтверждается вышеперечисленными исследованиями, где моторные нарушения были выявлены у детей с ВПС разных возрастов без предшествовавшей реабилитации, а также исследованием B. Vjarnason-Wehrens, et al., в котором было зарегистрировано более выраженные нарушения моторных навыков у более старших детей (11–15 лет против 5–10 лет; $p < 0,01$) [24]. Обследование подростков с ВПС, проведённое K. Easson, et al., показало, что у 42,4% из них отмечались нарушения в моторном развитии средней-тяжёлой степени (менее $-1SD$), а у 18,2% — тяжёлой степени (менее $-2SD$) [25], что также подтверждает сохранение данной проблемы в подростковом возрасте.

Тем не менее, ряд авторов сообщает о нормализации моторных показателей у детей с ВПС без генетической патологии к возрасту 12 месяцев и старше [18, 26]. Однако, в этих исследованиях обращает на себя внимание тот факт, что от 74% до 100% детей с отставанием в развитии получали реабилитационное лечение, что подтверждает, что своевременные выявление и лечение

подобного рода нарушений способствует значительному улучшению прогноза моторного развития у детей с ВПС.

Авторы систематического обзора сделали заключение, что тяжёлые моторные нарушения (менее $-2SD$) характерны преимущественно для младшего возраста, что позволило предположить, что моторные навыки могут улучшаться по мере взросления ребёнка с ВПС [17]. Это соответствует данным, что чаще всего (4–74%) отклонения в моторике выявляются в возрасте до 12 месяцев, затем их частота постепенно снижается, и в 24–36 месяцев составляет 3,5–6,7% (но этот показатель остаётся выше среднепопуляционного) [27]. Однако, результаты многолетнего исследования M. Sprong, et al. оказались противоположными: большинство детей с нарушениями крупной моторики ($\leq -1SD$) в возрасте 9 месяцев имели проблемы в моторном развитии той же ($\leq -1SD$) или большей степени выраженности ($\leq -2SD$) к 18 месяцам [2].

Несмотря на вариабельность результатов обследований более младших детей, к школьному возрасту частота отставания в моторном развитии увеличивается, что может быть связано с возрастающими требованиями к ребёнку, а также усложнением необходимых моторных навыков [25]. Систематический обзор M. Bolduc, et al. подтверждает, что для детей и подростков с ВПС, требующим оперативного лечения на открытом сердце, характерны отклонения в моторном развитии на $\approx 1SD$ в худшую сторону по сравнению со здоровыми сверстниками, и без реабилитационного лечения дети не «перерастают» эти нарушения [17].

Степень нарушений моторной функции во многом предопределена тяжестью врождённого порока сердца. J. Stieh, et al. выявили значительный дефицит в развитии крупной и мелкой моторики у детей с цианотическими ВПС, а не у детей с «бледными» пороками [28]. По данным S. Dordel, et al., нарушения моторного развития в 1,8 раз чаще отмечались у детей с «синими» ВПС [21].

Наиболее тяжёлыми среди ВПС являются пороки с единственным желудочком (ЕЖ). По данным систематического обзора и метаанализа, у детей с одножелудочковыми ВПС показатели развития ожидаемо оказались ниже, чем при наличии двухжелудочкового кровообращения [15]. Другими авторами при сравнении 9- и 18-месячных детей выявлены статистически значимо худшие результаты ($p \leq 0,05$) при оценке крупной и мелкой моторики у детей с ЕЖ по сравнению со сверстниками с другими сложными ВПС. А при оценке в динамике у детей с одножелудочковым кровообращением частота тяжёлых нарушений крупной моторики (менее $-2SD$) увеличивалась по мере взросления пациентов: в 3, 9 и 18 месяцев она составила 8%, 30,6% и 32,2%, соответственно [2]. По данным M. Ricci, et al., моторные нарушения у детей с одно- и двухжелудочковыми критическими ВПС в возрасте 4,5 лет выявляются у 32,4% и 11,8% ($p < 0,001$), соответственно [29].

Ряд статей акцентирует внимание на особенностях моторного развития детей с различными ВПС с ЕЖ. D. Williams, et al. обнаружили, что для детей после операции Фонтена по поводу синдрома гипоплазии левого сердца (СГЛС) характерны выраженные нарушения моторного развития [30]. Эти данные подтверждаются A. Sarajuuri, et al., сравнившими детей с СГЛС в возрасте 30 месяцев с детьми с другими пороками с одножелудочковым кровообращением того же возраста: пациенты с СГЛС имели значительно более худшие показатели моторного развития [31]. Однако, O. Khalid и T. Harrison выявили отставание в моторном развитии у 55% детей с одножелудочковым кровообращением без СГЛС и у 33% детей с СГЛС в возрасте 12 месяцев, но различия были статистически незначимы [32].

Так как показатели моторного развития у детей с ЕЖ значительно хуже, чем у детей с двухжелудочковыми ВПС, в литературе можно встретить предположение, что дети с более простыми (двухжелудочковыми) пороками сердца постепенно «перерастают» свои исходные нарушения развития [15]. Как обсуждалось выше, данный вопрос остаётся спорным, однако одним из факторов, который может оказывать влияние на развитие моторики является длительность гипоксемии [28], которая сохраняется на протяжении всей жизни у детей с ЕЖ, несмотря на проводимые оперативные вмешательства.

Хирургическая коррекция ВПС уменьшает или ликвидирует гипоксемическое состояние пациента, поэтому она может благоприятно отражаться не только на состоянии сердечно-сосудистой системы, но и на общем развитии ребёнка, включая моторику. Так, J. Stieh, et al. отметили, что после оперативного лечения «синих» пороков количество пациентов с нарушениями моторной функции средней и тяжёлой степени снизилось с 39% до 21% и с 46% до 33%, соответственно [28]. Важно отметить, что дети, кому хирургическое вмешательство было проведено в возрасте до 2 лет, имели значительно лучшие показатели моторного развития по сравнению с оперированными в более позднем возрасте детьми. По данным B. Vjarnason-Wehrens, et al., моторные нарушения были более выраженными у детей, перенёвших операцию на открытом сердце, по сравнению с детьми с ВПС, не требовавшими какого-либо лечения или перенёвших эндоваскулярное вмешательство [24]. Оба эти примера подтверждают предположение о том, что чем менее выражена гипоксия и/или чем короче её воздействие на организм пациента, тем меньше страдает нейромоторная функция, и у ребёнка есть больше шансов на восстановление имеющихся отклонений. Однако, и в данном случае всё не столь однозначно, т. к. C. Limperopoulos, et al. не нашли улучшений в изучаемой когорте детей. Они опубликовали данные о том, что 42% детей с ВПС ($n = 131$) имели отставание в моторном развитии (крупной и/или мелкой моторике) в течение 12–18 месяцев после операции на открытом сердце [33].

Через 5 лет эти нарушения выявлялись с такой же частотой (по данным повторного обследования 94 детей) [34]. И тем не менее, наиболее обоснованным нам представляется мнение В. Bjarnason–Wehrens, et al., что своевременная коррекция ВПС способствует созданию оптимальных условий для успешного «навёрстывания» роста и нормализации физического развития [24].

Проблема моторного развития у детей с ВПС становится ещё более актуальной при сравнении этой группы детей со здоровыми сверстниками. В Норвегии сопоставлены данные обследования 120 детей от 7 до 12 лет, перенёсших несколько оперативных вмешательств на первом году жизни по поводу сложного ВПС, с контрольной группой из 387 здоровых сверстников. В группе ВПС выявлено 16,7% детей с неловкостью движений, у 25,8% отмечались тяжёлые моторные нарушения, тогда как в группе сравнения эти показатели составили 4,9% и 2,3%, соответственно. Учёные посчитали, что риск моторных нарушений любой степени у детей с ВПС выше в 5,8 раз, тяжёлых моторных проблем — в 11 раз [4]. В другом исследовании, где сравнивали детей с ВПС от 5 до 15 лет с контрольной группой здоровых детей, почти у 3/5 выборки основной группы обнаружены нарушения в моторном развитии, у трети детей с ВПС проблемы с крупной моторикой были тяжёлой степени [24]. С. Chien, et al. опубликовали данные по средним z-score крупной, мелкой моторики и общего моторного развития: они оказались отрицательными у детей с ВПС до 6 лет по сравнению со здоровыми сверстниками, при этом наиболее выраженные нарушения затронули крупную моторику. Также учёные выявили, что меньшая длительность госпитализации и большее соотношение масса тела/возраст были характерны для лучшего развития крупной моторики [7].

Анализ литературы моторного развития у детей с ВПС показал, что в ряде исследований были выявлены нарушения как в крупной, так и в мелкой моторике [2, 4, 5, 7, 20, 22, 23, 28, 33], и зачастую авторы не дифференцировали, какие именно моторные навыки страдали, однако, по данным метаанализа 2021 г., для этой когорты детей характерны более выраженные нарушения в крупной моторике [27]. М. Sprong, et al. (2022) не обнаружили (0%) значимых проблем ($\leq -2SD$) с мелкой моторикой у детей с ВПС в возрасте 18 месяцев, тогда как тяжёлые нарушения крупной моторики отмечались у 12% детей этого возраста [2]. Таким образом, необходимо проведение большего количества исследований с акцентом на то, отставание в каких моторных навыках имеет место у того или иного пациента, так как от этого будет зависеть тактика ведения ребёнка и перечень потенциальных трудностей в будущем для него при отсутствии своевременной коррекции.

Равновесие

Равновесие — основной компонент владения моторными навыками [29], так как оно способствует

стабилизации тела и осуществлению контроля за движением. Равновесие бывает статическим и динамическим. Одно от другого отличается тем, в каком положении сохраняется и контролируется положение тела: стоя или сидя в первом случае, в движении — во втором.

Совсем небольшое число статей описывает состояние равновесия у детей с ВПС. По данным I. Holm, et al., индекс статического равновесия, измеренный у 120 детей с ВПС 7–12 лет, оказался на 27,5% хуже по сравнению с 387 здоровыми сверстниками [4]. В исследовании С. Rego и С. Sabino Pinho проведён анализ данных детей с ВПС 7–17 лет и группы контроля, и наиболее выраженные нарушения в основной группе оказались в статическом равновесии ($p < 0,001$) [13]. Этот же компонент баланса тела был достоверно ($p < 0,01$) хуже у детей с ВПС $10,4 \pm 2,5$ лет по результатам швейцарского исследования [35]. В то же время N. Naef, et al. в своей работе указали, что для детей с ВПС самым сложным оказалось задание на динамическое равновесие [20].

Ожидается, что при сравнении пациентов с критическими ВПС, у детей с одножелудочковым кровообращением выявлено больше трудностей с выполнением заданий на равновесие по сравнению с детьми с двухжелудочковыми пороками ($p = 0,001$) [29].

ОБСУЖДЕНИЕ

Обзор научных публикаций показал, что проблема нарушений в физическом и моторном развитии детей с ВПС является актуальной в наши дни. Тогда как среднепопуляционно моторные нарушения выявляются у 6–10% детей [4], и примерно 5–6% детей страдает диспраксией [36], когорта детей с ВПС характеризуется более выраженной и частой задержкой моторного развития.

Каждый ребёнок индивидуален, но очевидно, что у детей с ВПС намного больше предрасполагающих факторов для формирования нейромоторных нарушений, чем у их здоровых сверстников. К таким факторам можно отнести следующие:

- предоперационные (внутриутробное нарушение кровообращения [3], структурные аномалии головного мозга [4], ацидоз [37], длительность гипоксемии [28], экстракардиальная сопутствующая патология);
- операционные (длительность ИК [4, 20, 35, 37], интраоперационные судороги [3], повторные операции [27]);
- послеоперационные (гиперлактатемия в первые 5 дней после операции [29], острое нарушение мозгового кровообращения [3], судороги [8, 20], низкий сердечный выброс [4], ограничение физической активности [18], длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии [20], длительность [35, 38] и частота госпитализаций [38], мышечный гипо- или гипертоonus [8], потребность в применении экстракорпоральной мембранной оксигенации, установка искусственного желудка сердца);

- немодифицируемые (генетическое заболевание, гестационный возраст, недоношенность, низкая масса тела при рождении [38], масса тела и окружность головы при рождении [20], тяжесть ВПС, сатурация кислорода крови менее 85% [27]);

- социальные (гиперопека, ограничения физической активности и общения со сверстниками [12]);
- социально-экономические (доход семьи [38]).

Ряд авторов оспаривает значимость тех или иных факторов в развитии нейромоторных нарушений. Например, M. Von Rhein, et al. считают, что операционные факторы играют менее важную роль в последствиях для ребёнка с ВПС, чем послеоперационные осложнения [35]. Однако, стоит принимать во внимание, что факторы риска нарушений нейромоторного развития в раннем возрасте могут отличаться от таковых в отдалённом периоде [20]. Так, если в раннем послеоперационном периоде, особенно в раннем детском возрасте, наибольшую роль могут играть постнатальные факторы и факторы, связанные с оперативным вмешательством, то в более старшем возрасте и/или через несколько лет после операции на первое место начнут выходить социальные факторы и особенности физического развития детей.

Имеются данные, что даже у здоровых детей отклонения от нормы в моторном развитии оказывают существенное влияние на психологическое, эмоциональное и когнитивное развитие [36]. Дети с нарушениями в крупной моторике могут казаться неловкими, имеют трудности с равновесием, неуклюжи в повседневной физической активности [4], в связи с чем они могут иметь проблемы при взаимодействии со сверстниками, например, во время игр, что может повлечь поведенческие проблемы. В дополнение к этому, гиперопека со стороны родителей и учителей может ограничивать участие ребенка в ситуациях социального взаимодействия, в которых могли бы сформироваться определенные поведенческие и моторные навыки, что ещё больше усугубляет ситуацию. Также имеются данные, что дети и подростки с диспраксией имеют заниженную самооценку и более высокий уровень тревожности по сравнению со своими сверстниками [39]. Моторные нарушения без коррекции могут иметь последствия в долгосрочной перспективе, касающиеся повседневной деятельности, самоопределения и общего благополучия [17]. Причём важно разделять оценку крупной и мелкой моторики [2], т. к. проблемы с крупной моторикой ведут к малоподвижному образу жизни и социальной изоляции от сверстников, а нарушения мелкой моторики обуславливают трудности с обучением. Дети с ВПС часто не могут справиться с повседневными заданиями на мелкую моторику, например, перелистыванием страниц книг в раннем детском возрасте, завязыванием шнурков и застёгиванием пуговиц в дошкольном возрасте, что в свою очередь может повлечь трудности с формированием навыков чтения и письма и последующее отставание в освоении школьной программы [40].

S. Fourdain, et al. в своей работе выделили модифицируемый фактор отставания в нейромоторном развитии — это ранняя стимуляция формирования моторных навыков, что подтвердилось результатами их исследования [18]. Помимо этого, могут помочь эрготерапия, лечебная физкультура и занятия с психологом, которые оказались эффективны у детей с диспраксией, имевших сходные нарушения в моторном развитии с детьми с ВПС [17]. Крайне важно поощрять детей с моторными нарушениями быть физически активными, иметь опыт участия в разнообразных мероприятиях, общаться со здоровыми сверстниками и не чувствовать беспокойства по поводу успешности выполнения чего-либо.

По данным M. Unverdorben, et al. дети с ВПС независимо от тяжести течения основного заболевания, освобождённые от посещения физкультуры в школе, имели значительно более выраженные проблемы с моторной функцией по сравнению с детьми, ходившими на этот урок [41]. Однако, по данным B. Bjarnason-Wehrens, et al., посещение физкультуры в школе не способно компенсировать нарушения моторики, которые наиболее вероятно возникли ещё в дошкольном возрасте, т. к. в исследуемой группе 92,3% детей с ВПС ходили на физкультуру, и больше половины из них имели выраженные трудности с моторными навыками [24]. Поэтому крайне важно вовлекать детей с ВПС не только в спортивные мероприятия в школе (при отсутствии противопоказаний), но и организовывать для них дополнительные специализированные тренировки, направленные на улучшение моторных навыков. По имеющимся результатам исследований, у детей, которые начинают регулярно заниматься физической активностью под присмотром специалистов, через несколько месяцев отмечается выраженная положительная динамика. Участие детей с ВПС в программе, направленной на улучшение психомоторного развития, в течение 8 месяцев или в специализированной программе плавания в течение 3 месяцев привело к снижению доли детей с моторными нарушениями с 54,8% до 29,0% [37].

Американская ассоциация кардиологов и Американская академия педиатрии выделяют следующие группы детей с ВПС, имеющие высокий риск отставания в развитии (класс I, уровень доказательности A) [3]:

1) новорождённые и дети грудного возраста, требующие операции на открытом сердце (цианотические и ацианотические пороки, например, СГЛС, ТМС, атрезия трикуспидального клапана и др.);

2) дети с другими типами цианотических пороков сердца, не требующими операции на открытом сердце в период новорождённости и в грудном возрасте (например, некоторые типы тетрады Фалло, аномалия Эбштейна);

3) дети сотягощающими ВПС факторами, как недоношенность, экстракорпоральная мембранная оксигенация и сердечно-лёгочная реанимация в анамнезе, интраоперационные судороги, и пр.

Согласно составленному данными организациями документу, таким детям должны проводиться обследования для исключения задержки развития в возрасте 12–24 месяцев, от 3 до 5 лет и в 11–12 лет (класс IIa, уровень доказательности C) [3].

Учитывая актуальность и распространённость моторных нарушений среди детей с врождёнными пороками сердца, медицинские работники должны проводить скрининговое обследование нейромоторного развития детей с ВПС с ранних лет для своевременного выявления пациентов с нарушениями развития и их своевременной коррекции. Для оценки моторного развития существуют специальные шкалы, однако нет ни одного универсального метода обследования детей, который мог бы быть применён с периода новорождённости до достижения совершеннолетия. Это связано с физиологически предопределённым сроком освоением тех или иных навыков, поэтому при обследовании детей разного возраста применяются разные инструменты и оцениваются разные умения. Для обследования мелкой и крупной моторики у детей с ВПС рекомендован ряд шкал [3], однако необходимо учитывать, что если оценка мелкой моторики не предполагает значительной нагрузки на сердечно-сосудистую систему, то обследование крупной моторики может иметь ряд ограничений у детей с тяжёлыми пороками. Например, часто применяемая у детей шкала Броникс-Осерецкого-2 (BOT-2), рекомендуемая для оценки мелкой и крупной моторики у детей с ВПС Американской ассоциацией кардиологов и Американской академией педиатрии [3], включает задания на челночный бег, отжимания и пресс, выполнение которых крайне нежелательно детьми с тяжёлыми пороками сердца. В связи с этим при выборе диагностических шкал необходимо учитывать не только возраст, для которого разработана шкала, но и то, насколько безопасным будет проведение исследования у пациента с остаточными изменениями. Известно, что рост и нейромоторное развитие тесно связаны [7], поэтому весо-ростовые характеристики и развитие мышечной системы также должны приниматься во внимание при обследовании данной когорты детей.

Таким образом, необходимо более тщательное обследование детей, в том числе детей школьного возраста и подростков, на наличие отклонений в развитии, включая моторные навыки, так как дети более старшего возраста могут адаптироваться и компенсировать свои нарушения, и возникающие перед ними трудности могут быть незаметны для постороннего человека без проведения целенаправленного обследования. Однако, следует принимать во внимание, что для детей с ВПС сильная задержка развития не характерна, поэтому при выявлении значительного отставания требуется более внимательное обследование пациента и исключение других возможных причин [10]. Так, в большинстве опубликованных работ, посвящённых моторным нарушениям у детей с пороками сердца,

из исследований были исключены дети с психическими нарушениями и генетическими синдромами, которые часто обуславливают более выраженные отклонения.

Понимая всю важность не кардиологических осложнений у детей с ВПС, в Швейцарии в 2019 г. начат сбор данных в Национальный регистр неврологического развития детей с тяжёлыми врождёнными пороками сердца (англ.: *Outcome Registry for CHildren with Severe Congenital Heart Disease*, ORCHID) [42]. Планируется ежегодное включение 80–100 детей. Детям с тяжёлыми ВПС, нуждавшимся в хирургическом лечении порока в течение первых 6 недель жизни, будут проводиться оценка нейромоторного развития в возрасте 9–12 месяцев, 18–24 месяцев и 5,5–6 лет, после чего полученные данные будут проанализированы и определены факторы риска и протективные факторы нейромоторных нарушений у данной когорты детей.

На данный момент крайне мало проспективных многолетних исследований моторного развития детей дошкольного, школьного и подросткового возраста со сложными ВПС. Необходимо проведение большего количества исследований особенностей моторного развития детей начальной школы и подростков с ВПС, т. к. до сих пор нет достоверной информации о степени и выраженности моторных нарушений в школьном возрасте.

Суммируя вышесказанное, хотелось бы подчеркнуть, что крайне важно, чтобы программы реабилитации детей с ВПС включали обследования двигательной сферы и методики коррекции выявляемых нарушений. Программы физической реабилитации детей с ВПС должны быть направлены не только на повышение толерантности к физическим нагрузкам, но и на улучшение владения собственным телом посредством развития функции равновесия, мышечной силы и моторики с помощью индивидуально подобранных специализированных упражнений. Это может быть достигнуто только благодаря комплексному подходу к ребёнку с врождённой кардиологической патологией, не ограничиваемому только кардиореабилитацией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ литературы показал, что для детей с врождёнными пороками сердца характерны особенности физического и моторного развития, которые оказывают существенное влияние на жизнь ребёнка и которые необходимо учитывать при обследовании и реабилитации этой категории пациентов. Развитие моторной функции способствует независимости и самостоятельности ребёнка, а следовательно, улучшению качества его жизни. Поэтому в настоящее время крайне остро стоит необходимость обследования не только сердечно-сосудистой системы, но и физического развития и двигательной сферы у детей с врождёнными пороками сердца, а также разработка методик их своевременной коррекции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: *Савова Е. М.* — концепция, сбор, анализ и обработка материала, написание текста; *Заварина А. Ю.* — концепция, общее руководство и редактирование текста; *Шведунова В. Н., Ермоленко М. Л.* — редактирование текста. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Funding. This article was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: *E. M. Savova* — conception, collection, analysis and processing of material, writing the text; *A. Yu. Zavarina* — conception, general guidance and text editing; *V. N. Shvedunova, M. L. Ermolenko* — text editing. The authors confirm the correspondence of their authorship to the ICMJE International Criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Liu Y., Chen S., Zühlke L., et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970–2017: Updated systematic review and meta-analysis of 260 studies // *Int. J. Epidemiol.* 2019. Vol. 48, No. 2. P. 455–463. doi: [10.1093/ije/dyz009](https://doi.org/10.1093/ije/dyz009)
- Sprong M.C.A., van Brussel M., de Vries L.S., et al. Longitudinal Motor-Developmental Outcomes in Infants with a Critical Congenital Heart Defect // *Children (Basel)*. 2022. Vol. 9, No. 4. P. 570. doi: [10.3390/children9040570](https://doi.org/10.3390/children9040570)
- Marino B.S., Lipkin P.H., Newburger J.W., et al. Neurodevelopmental outcomes in children with congenital heart disease: Evaluation and management a scientific statement from the American Heart Association // *Circulation*. 2012. Vol. 126, No. 9. P. 1143–1472. doi: [10.1161/CIR.0b013e318265ee8a](https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e318265ee8a)
- Holm I., Fredriksen P.M., Fosdahl M.A., et al. Impaired motor competence in school-aged children with complex congenital heart disease // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 2007. Vol. 161, No. 10. P. 945–950. doi: [10.1001/archpedi.161.10.945](https://doi.org/10.1001/archpedi.161.10.945)
- Nasiruzzamarrat A., Hussain M., Baki M., et al. Growth and Developmental Status of Children with Congenital Heart Disease // *Bangladesh Med. J.* 2014. Vol. 40, No. 2. P. 54–57. doi: [10.3329/bmj.v40i2.18512](https://doi.org/10.3329/bmj.v40i2.18512)
- Maya S., Gunawijaya E., Yantie N.V.P.K., et al. Growth, development, and quality of life in children with congenital heart disease // *Open Access Maced J Med Sci.* 2020. Vol. 8, No. B. P. 613–618. Available at: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/4047>. Accessed: 2023 April 09. doi: [10.3889/oamjms.2020.4047](https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4047)
- Chien C.–H., Lee T.–Y., Lin M.–T. Factors affecting motor development of toddlers who received cardiac corrective procedures during infancy // *Early Hum. Dev.* 2021. Vol. 158. P. 105392. doi: [10.1016/j.earlhumdev.2021.105392](https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2021.105392)
- Latal B. Neurodevelopmental Outcomes of the Child with Congenital Heart Disease // *Clin. Perinatol.* 2016. Vol. 43, No. 1. P. 173–185. doi: [10.1016/j.clp.2015.11.012](https://doi.org/10.1016/j.clp.2015.11.012)
- Benn J. The Prognosis of Patent Ductus Arteriosus // *Br. Heart J.* 1947. Vol. 9, No. 4. P. 283–291. doi: [10.1136/hrt.9.4.283](https://doi.org/10.1136/hrt.9.4.283)
- Campbell M., Reynolds G. The physical and mental development of children with congenital heart disease // *Arch. Dis. Child.* 1949. Vol. 24, No. 120. P. 294–302. doi: [10.1136/adc.24.120.294](https://doi.org/10.1136/adc.24.120.294)
- Taussig H. *Congenital Malformations of the Heart*. 2nd ed. London: Press and Oxford University Press; 1960.
- Chen C.–W., Li C.–Y., Wang J.–K. Growth and development of children with congenital heart disease // *J. Adv. Nurs.* 2004. Vol. 47, No. 3. P. 260–269. doi: [10.1111/j.1365-2648.2004.03090.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.03090.x)
- Rêgo C. de S., Pinho C.P.S. Muscle strength in children and adolescents hospitalized with congenital heart disease // *Nutr. Clin. Diet. Hosp.* 2020. Vol. 40, No. 4. P. 70–76. doi: [10.12873/404pinho](https://doi.org/10.12873/404pinho)
- Meyer M., Wang Y., Brudy L., et al. Impaired grip strength in children with congenital heart disease // *Arch. Dis. Child.* 2022. Vol. 107, No. 1. P. 47–51. doi: [10.1136/archdischild-2020-319955](https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-319955)
- Huisenga D., La Bastide-Van Gemert S., Van Bergen A., et al. Developmental outcomes after early surgery for complex congenital heart disease: a systematic review and meta-analysis // *Dev. Med. Child Neurol.* 2021. Vol. 63, No. 1. P. 29–46. doi: [10.1111/dmcn.14512](https://doi.org/10.1111/dmcn.14512)
- Niedermeyer C. da C., Shizukuishi M.L.Y., Schaan C.W., et al. Peripheral and respiratory muscle strength in children and adolescents with CHD: Systematic review and meta-analysis // *Cardiol. Young.* 2022. Vol. 32, No. 11. P. 1728–1741. doi: [10.1017/S1047951122003092](https://doi.org/10.1017/S1047951122003092)
- Bolduc M.–E., Dionne E., Gagnon I., et al. Motor Impairment in Children With Congenital Heart Defects: A Systematic Review // *Pediatrics*. 2020. Vol. 146, No. 6. P. 20200083. doi: [10.1542/peds.2020-0083](https://doi.org/10.1542/peds.2020-0083)
- Fourdain S., Simard M.–N., Dagenais L., et al. Gross Motor Development of Children with Congenital Heart Disease Receiving Early Systematic Surveillance and Individualized Intervention: Brief Report // *Dev. Neurorehabil.* 2021. Vol. 24, No. 1. P. 56–62. doi: [10.1080/17518423.2020.1711541](https://doi.org/10.1080/17518423.2020.1711541)
- Messerli–Bürgy N., Kakebeke T.H., Meyer A.H., et al. Walking onset: a poor predictor for motor and cognitive skills in healthy preschool children // *BMC Pediatr.* 2021. Vol. 21, No. 1. P. 367. doi: [10.1186/s12887-021-02828-4](https://doi.org/10.1186/s12887-021-02828-4)
- Naef N., Liamlahi R., Beck I., et al. Neurodevelopmental Profiles of Children with Congenital Heart Disease at School Age // *J. Pediatr.* 2017. Vol. 188. P. 75–81. doi: [10.1016/j.jpeds.2017.05.073](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.05.073)
- Dordel S., Bjarnason–Wehrens E., Lawrenz B., et al. Efficiency of psychomotor training of children with (partly-)corrected congenital heart disease // *Dtsch. Z. Sportmed.* 1999. Vol. 50. P. 41–46.
- Hövels–Gürich H.H., Seghaye M.C., Däbritz S., et al. Cognitive and motor development in preschool and school-aged children after neonatal arterial switch operation // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1997. Vol. 114, No. 4. P. 578–585. doi: [10.1016/S0022-5223\(97\)70047-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70047-3)
- Liamlahi R., von Rhein M., Bührer S., et al. Motor dysfunction and behavioural problems frequently coexist with congenital heart disease in school-age children // *Acta Paediatr.* 2014. Vol. 103, No. 7. P. 752–758. doi: [10.1111/apa.12639](https://doi.org/10.1111/apa.12639)
- Bjarnason–Wehrens B., Dordel S., Schickendantz S., et al. Motor development in children with congenital cardiac diseases compared to their healthy peers // *Cardiol. Young.* 2007. Vol. 17, No. 5. P. 487–498. doi: [10.1017/S1047951107001023](https://doi.org/10.1017/S1047951107001023)
- Easson K., Dahan–Oliel N., Rohlicek C., et al. A Comparison of Developmental Outcomes of Adolescent Neonatal Intensive Care Unit Survivors Born with a Congenital Heart Defect or Born Preterm // *J. Pediatr.* 2019. Vol. 207. P. 34–41.e2. doi: [10.1016/j.jpeds.2018.11.002](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.11.002)
- Mussatto K.A., Hoffmann R.G., Hoffman G.M., et al. Risk and prevalence of developmental delay in young children with congenital heart disease // *Pediatrics*. 2014. Vol. 133, No. 3. P. e570–e577. doi: [10.1542/peds.2013-2309](https://doi.org/10.1542/peds.2013-2309)

27. Sprong M.C.A., Broeders W., van der Net J., et al. Motor Developmental Delay after Cardiac Surgery in Children with a Critical Congenital Heart Defect: A Systematic Literature Review and Meta-analysis // *Pediatr. Phys. Ther.* 2021. Vol. 33, No. 4. P. 186–197. doi: [10.1097/PEP.0000000000000827](https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000827)
28. Stieh J., Kramer H.H., Harding P., et al. Gross and fine motor development is impaired in children with cyanotic congenital heart disease // *Neuropediatrics*. 1999. Vol. 30, No. 2. P. 77–82. doi: [10.1055/s-2007-973464](https://doi.org/10.1055/s-2007-973464)
29. Ricci M.F., Fung A., Moddemann D., et al. Comparison of motor outcomes between preschool children with univentricular and biventricular critical heart disease not diagnosed with cerebral palsy or acquired brain injury // *Cardiol. Young.* 2021. Vol. 31, No. 11. P. 1788–1795. doi: [10.1017/S1047951121000895](https://doi.org/10.1017/S1047951121000895)
30. Williams D.L., Gelijns A.C., Moskowitz A.J., et al. Hypoplastic left heart syndrome: valuing the survival // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2000. Vol. 119, No. 4, Pt. 1. P. 720–731. doi: [10.1016/S0022-5223\(00\)70007-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70007-9)
31. Sarajuuri A., Jokinen E., Puosi R., et al. Neurodevelopment in children with hypoplastic left heart syndrome // *J. Pediatr.* 2010. Vol. 157, No. 3. P. 414–420. doi: [10.1016/j.jpeds.2010.04.027](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.04.027)
32. Khalid O.M., Harrison T.M. Early Neurodevelopmental Outcomes in Children with Hypoplastic Left Heart Syndrome and Related Anomalies After Hybrid Procedure // *Pediatr. Cardiol.* 2019. Vol. 40, No. 8. P. 1591–1598. doi: [10.1007/s00246-019-02191-3](https://doi.org/10.1007/s00246-019-02191-3)
33. Limperopoulos C., Majnemer A., Shevell M.I., et al. Predictors of developmental disabilities after open heart surgery in young children with congenital heart defects // *J. Pediatr.* 2002. Vol. 141, No. 1. P. 51–58. doi: [10.1067/mpd.2002.125227](https://doi.org/10.1067/mpd.2002.125227)
34. Majnemer A., Limperopoulos C., Shevell M., et al. Long-term neuromotor outcome at school entry of infants with congenital heart defects requiring open-heart surgery // *J. Pediatr.* 2006. Vol. 148, No. 1. P. 72–77. doi: [10.1016/j.jpeds.2005.08.036](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.08.036)
35. Von Rhein M., Dimitropoulos A., Valsangiacomo Buechel E.R., et al. Risk factors for neurodevelopmental impairments in school-age children after cardiac surgery with full-flow cardiopulmonary bypass // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012. Vol. 144, No. 3. P. 577–583. doi: [10.1016/j.jtcvs.2012.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.02.005)
36. Kakebeeke T.H., Knaier E., Chaouch A., et al. Neuromotor development in children. Part 4: new norms from 3 to 18 years // *Dev. Med. Child Neurol.* 2018. Vol. 60, No. 8. P. 810–819. doi: [10.1111/dmcn.13793](https://doi.org/10.1111/dmcn.13793)
37. Bjarnason-Wehrens B., Schmitz S., Dordel S. Motor Development in Children with Congenital Cardiac Diseases // *European Cardiology Review.* 2008. Vol. 4, № 2. P. 92–96. doi: [10.15420/ocr.2008.4.2.92](https://doi.org/10.15420/ocr.2008.4.2.92)
38. Mari M.A., Cascudo M.M., Alchieri J.C. Congenital heart disease and impacts on child development // *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2016. Vol. 31, No. 1. P. 31–37. doi: [10.5935/1678-9741.20160001](https://doi.org/10.5935/1678-9741.20160001)
39. Skinner R.A., Piek J.O. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents // *Hum. Mov. Sci.* 2001. Vol. 20, № 1–2. P. 73–94. doi: [10.1016/s0167-9457\(01\)00029-x](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00029-x)
40. Ilardi D., Sanz J.H., Cassidy A.R., et al. Neurodevelopmental evaluation for school-age children with congenital heart disease: Recommendations from the cardiac neurodevelopmental outcome collaborative // *Cardiol. Young.* 2020. Vol. 30, No. 11. P. 1623–1636. doi: [10.1017/S1047951120003546](https://doi.org/10.1017/S1047951120003546)
41. Unverdorben M., Singer H., Tragler M., et al. Impaired coordination in children with congenital heart disease — Only hardly to be explained by medical causes? // *Herz Kreislauf.* 1997. Vol. 29, No. 6. P. 181–184.
42. Natterer J., Schneider J., Sekarski N., et al. ORCHID (Outcome Registry for CHildren with severe congenital heart Disease) a Swiss, nationwide, prospective, population-based, neurodevelopmental paediatric patient registry: framework, regulations and implementation // *Swiss Med. Wkly.* 2022. Vol. 152. P. w30217. doi: [10.4414/SMW.2022.w30217](https://doi.org/10.4414/SMW.2022.w30217)

REFERENCES

1. Liu Y, Chen S, Zühlke L, et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970–2017: Updated systematic review and meta-analysis of 260 studies. *Int J Epidemiol.* 2019;48(2):455–63. doi: [10.1093/ije/dyz009](https://doi.org/10.1093/ije/dyz009)
2. Sprong MCA, van Brussel M, de Vries LS, et al. Longitudinal Motor-Developmental Outcomes in Infants with a Critical Congenital Heart Defect. *Children (Basel).* 2022;9(4):570. doi: [10.3390/children9040570](https://doi.org/10.3390/children9040570)
3. Marino BS, Lipkin PH, Newburger JW, et al. Neurodevelopmental outcomes in children with congenital heart disease: Evaluation and management a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2012;126(9):1143–72. doi: [10.1161/CIR.0b013e318265ee8a](https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e318265ee8a)
4. Holm I, Fredriksen PM, Fosdahl MA, et al. Impaired motor competence in school-aged children with complex congenital heart disease. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2007;161(10):945–50. doi: [10.1001/archpedi.161.10.945](https://doi.org/10.1001/archpedi.161.10.945)
5. Nasiruzzamarrat A, Hussain M, Baki M, et al. Growth and Developmental Status of Children with Congenital Heart Disease. *Bangladesh Med J.* 2014;40(2):54–7. doi: [10.3329/bmj.v40i2.18512](https://doi.org/10.3329/bmj.v40i2.18512)
6. Maya S, Gunawijaya E, Yantie NVPK, et al. Growth, development, and quality of life in children with congenital heart disease. *Open Access Maced J Med Sci.* 2020;8(B):613–8. Available at: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/4047>. Accessed: 2023 April 09. doi: [10.3889/oamjms.2020.4047](https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4047)
7. Chien C-H, Lee T-Y, Lin M-T. Factors affecting motor development of toddlers who received cardiac corrective procedures during infancy. *Early Hum Dev.* 2021;158:105392. doi: [10.1016/j.earlhumdev.2021.105392](https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2021.105392)
8. Latal B. Neurodevelopmental Outcomes of the Child with Congenital Heart Disease. *Clin Perinatol.* 2016;43(1):173–85. doi: [10.1016/j.clp.2015.11.012](https://doi.org/10.1016/j.clp.2015.11.012)
9. Benn J. The Prognosis of Patent Ductus Arteriosus. *Br Heart J.* 1947;9(4):283–91. doi: [10.1136/hrt.9.4.283](https://doi.org/10.1136/hrt.9.4.283)
10. Campbell M, Reynolds G. The physical and mental development of children with congenital heart disease. *Arch Dis Child.* 1949;24(120):294–302. doi: [10.1136/adc.24.120.294](https://doi.org/10.1136/adc.24.120.294)
11. Taussig H. *Congenital Malformations of the Heart.* 2nd ed. London: Press and Oxford University Press; 1960.
12. Chen C-W, Li C-Y, Wang J-K. Growth and development of children with congenital heart disease. *Journal of Advanced Nursing.* 2004;47(3):260–9. doi: [10.1111/j.1365-2648.2004.03090.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.03090.x)
13. Rêgo C de S, Pinho CPS. Muscle strength in children and adolescents hospitalized with congenital heart disease. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2020;40(4):70–6. doi: [10.12873/404pinho](https://doi.org/10.12873/404pinho)
14. Meyer M, Wang Y, Brudy L, et al. Impaired grip strength in children with congenital heart disease. *Arch Dis Child.* 2022;107(1):47–51. doi: [10.1136/archdischild-2020-319955](https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-319955)
15. Huisenga D, La Bastide-Van Gemert S, Van Bergen A, et al. Developmental outcomes after early surgery for complex congenital heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol.* 2021;63(1):29–46. doi: [10.1111/dmcn.14512](https://doi.org/10.1111/dmcn.14512)
16. Niedermeyer C da C, Shizukuishi MLY, Schaan CW, et al. Peripheral and respiratory muscle strength in children and adolescents with CHD: Systematic review and meta-analysis. *Cardiol Young.* 2022;32(11):1728–41. doi: [10.1017/S1047951122003092](https://doi.org/10.1017/S1047951122003092)
17. Bolduc M-E, Dionne E, Gagnon I, et al. Motor Impairment in Children With Congenital Heart Defects: A Systematic Review. *Pediatrics.* 2020;146(6):20200083. doi: [10.1542/peds.2020-00833](https://doi.org/10.1542/peds.2020-00833)
18. Fourdain S, Simard M-N, Dagenais L, et al. Gross Motor Development of Children with Congenital Heart Disease Receiving Early Systematic Surveillance and Individualized Intervention: Brief Report. *Dev*

- Neurorehabil.* 2021;24(1):56–62. doi: [10.1080/17518423.2020.1711541](https://doi.org/10.1080/17518423.2020.1711541)
19. Messerli-Bürgy N, Kakebeeke TH, Meyer AH, et al. Walking onset: a poor predictor for motor and cognitive skills in healthy preschool children. *BMC Pediatr.* 2021;21(1):367. doi: [10.1186/s12887-021-02828-4](https://doi.org/10.1186/s12887-021-02828-4)
20. Naef N, Liamlahi R, Beck I, et al. Neurodevelopmental Profiles of Children with Congenital Heart Disease at School Age. *J Pediatr.* 2017;188:75–81. doi: [10.1016/j.jpeds.2017.05.073](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.05.073)
21. Dordel S, Bjarnason-Wehrens E, Lawrenz B, et al. Efficiency of psychomotor training of children with (partly-) corrected congenital heart disease. *Dtsch Z Sportmed.* 1999;50:41–6. (In German).
22. Hövels-Gürich HH, Seghaye MC, Däbritz S, et al. Cognitive and motor development in preschool and school-aged children after neonatal arterial switch operation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(4):578–85. doi: [10.1016/S0022-5223\(97\)70047-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(97)70047-3)
23. Liamlahi R, von Rhein M, Bühner S, et al. Motor dysfunction and behavioural problems frequently coexist with congenital heart disease in school-age children. *Acta Paediatr.* 2014;103(7):752–8. doi: [10.1111/apa.12639](https://doi.org/10.1111/apa.12639)
24. Bjarnason-Wehrens B, Dordel S, Schickendantz S, et al. Motor development in children with congenital cardiac diseases compared to their healthy peers. *Cardiol Young.* 2007;17(5):487–98. doi: [10.1017/S1047951107001023](https://doi.org/10.1017/S1047951107001023)
25. Easson K, Dahan-Oliel N, Rohlicec C, et al. A Comparison of Developmental Outcomes of Adolescent Neonatal Intensive Care Unit Survivors Born with a Congenital Heart Defect or Born Preterm. *J Pediatr.* 2019;207:34–41.e2. doi: [10.1016/j.jpeds.2018.11.002](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.11.002)
26. Mussatto KA, Hoffmann RG, Hoffman GM, et al. Risk and prevalence of developmental delay in young children with congenital heart disease. *Pediatrics.* 2014;133(3):e570–7. doi: [10.1542/peds.2013-23099](https://doi.org/10.1542/peds.2013-23099)
27. Sprong MCA, Broeders W, van der Net J, et al. Motor Developmental Delay after Cardiac Surgery in Children with a Critical Congenital Heart Defect: A Systematic Literature Review and Meta-analysis. *Pediatr Phys Ther.* 2021;33(4):186–97. doi: [10.1097/PEP.0000000000000827](https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000827)
28. Stieh J, Kramer HH, Harding P, et al. Gross and fine motor development is impaired in children with cyanotic congenital heart disease. *Neuropediatrics.* 1999;30(2):77–82. doi: [10.1055/s-2007-973464](https://doi.org/10.1055/s-2007-973464)
29. Ricci MF, Fung A, Moddemann D, et al. Comparison of motor outcomes between preschool children with univentricular and biventricular critical heart disease not diagnosed with cerebral palsy or acquired brain injury. *Cardiol Young.* 2021;31(11):1788–95. doi: [10.1017/S1047951121000895](https://doi.org/10.1017/S1047951121000895)
30. Williams DL, Gelijs AC, Moskowitz AJ, et al. Hypoplastic left heart syndrome: valuing the survival. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(4):720–31. doi: [10.1016/S0022-5223\(00\)70007-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70007-9)
31. Sarajuuri A, Jokinen E, Puosi R, et al. Neurodevelopment in children with hypoplastic left heart syndrome. *J Pediatr.* 2010;157(3):414–20. doi: [10.1016/j.jpeds.2010.04.027](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.04.027)
32. Khalid OM, Harrison TM. Early Neurodevelopmental Outcomes in Children with Hypoplastic Left Heart Syndrome and Related Anomalies After Hybrid Procedure. *Pediatr Cardiol.* 2019;40(8):1591–8. doi: [10.1007/s00246-019-02191-3](https://doi.org/10.1007/s00246-019-02191-3)
33. Limperopoulos C, Majnemer A, Shevell MI, et al. Predictors of developmental disabilities after open heart surgery in young children with congenital heart defects. *J Pediatr.* 2002;141(1):51–8. doi: [10.1067/mpd.2002.125227](https://doi.org/10.1067/mpd.2002.125227)
34. Majnemer A, Limperopoulos C, Shevell M, et al. Long-term neuromotor outcome at school entry of infants with congenital heart defects requiring open-heart surgery. *J Pediatr.* 2006;148(1):72–7. doi: [10.1016/j.jpeds.2005.08.036](https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.08.036)
35. Von Rhein M, Dimitropoulos A, Valsangiacomo Buechel ER, et al. Risk factors for neurodevelopmental impairments in school-age children after cardiac surgery with full-flow cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;144(3):577–83. doi: [10.1016/j.jtcvs.2012.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.02.005)
36. Kakebeeke TH, Knaier E, Chaouch A, et al. Neuromotor development in children. Part 4: new norms from 3 to 18 years. *Dev Med Child Neurol.* 2018;60(8):810–9. doi: [10.1111/dmcn.13793](https://doi.org/10.1111/dmcn.13793)
37. Bjarnason-Wehrens B, Schmitz S, Dordel S. Motor Development in Children with Congenital Cardiac Diseases. *European Cardiology Review.* 2008;4(2):92–6. doi: [10.1542/ecr.2008.4.2.92](https://doi.org/10.1542/ecr.2008.4.2.92)
38. Mari MA, Cascudo MM, Alchieri JC. Congenital heart disease and impacts on child development. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016;31(1):31–7. doi: [10.5935/1678-9741.20160001](https://doi.org/10.5935/1678-9741.20160001)
39. Skinner RA, Piek JO. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Hum Mov Sci.* 2001;20(1–2):73–94. doi: [10.1016/s0167-9457\(01\)00029-x](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00029-x)
40. Ilardi D, Sanz JH, Cassidy AR, et al. Neurodevelopmental evaluation for school-age children with congenital heart disease: recommendations from the cardiac neurodevelopmental outcome collaborative. *Cardiol Young.* 2020;30(11):1623–36. doi: [10.1017/S1047951120003546](https://doi.org/10.1017/S1047951120003546)
41. Unverdorben M, Singer H, Tragler M, et al. Impaired coordination in children with congenital heart disease – Only hardly to be explained by medical causes? *Herz Kreislauf.* 1997;29(6):181–4.
42. Natterer J, Schneider J, Sekarski N, et al. ORCHID (Outcome Registry for Children with severe congenital heart Disease) a Swiss, nationwide, prospective, population-based, neurodevelopmental paediatric patient registry: framework, regulations and implementation. *Swiss Med Wkly.* 2022;152:w30217. doi: [10.4414/SMW.2022.w30217](https://doi.org/10.4414/SMW.2022.w30217)

ОБ АВТОРАХ

*Савова Елена Михайловна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5181-4379>;

eLibrary SPIN: 8242-0045; e-mail: emsavova@bakulev.ru

Заварина Анна Юрьевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3091-9136>;

eLibrary SPIN: 3746-5302; e-mail: ayzavarina@bakulev.ru

Шведунова Валентина Николаевна, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0022-5667>;

eLibrary SPIN: 8053-4837; e-mail: vnshvedunova@bakulev.ru

Ермоленко Марина Леонидовна, д.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7784-993X>;

eLibrary SPIN: 8933-4426; e-mail: mlermolenko@bakulev.ru

AUTHOR'S INFO

*Elena M. Savova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5181-4379>;

eLibrary SPIN: 8242-0045; e-mail: emsavova@bakulev.ru

Anna Yu. Zavarina;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3091-9136>;

eLibrary SPIN: 3746-5302; e-mail: ayzavarina@bakulev.ru

Valentina N. Shvedunova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0022-5667>;

eLibrary SPIN: 8053-4837; e-mail: vnshvedunova@bakulev.ru

Marina L. Ermolenko, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7784-993X>;

eLibrary SPIN: 8933-4426; e-mail: mlermolenko@bakulev.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author