

УДК 612.176.4:796

НАСОСНАЯ ФУНКЦИЯ СЕРДЦА ДЕТЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ

¹Петрова В.К., ²Ванюшин Ю.С.¹ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет, институт физической культуры, спорта и восстановительной медицины», Казань;²ФГОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

Авторами изучены особенности сердечной деятельности детей 9 – 12 лет во время ортостатической пробы и работы на велоэргометре повышающейся мощности. Физиологическая оценка состояния насосной функции сердца проводилась на основании анализа показателей частоты сердечных сокращений, ударного объема крови, минутного объема кровообращения. Как показали проведенные исследования, перед нагрузкой наименьшие показатели насосной функции сердца (частота сердечных сокращений, ударный объем крови и минутный объем кровообращения) были зарегистрированы в группах детей с гипокинетическим типом кровообращения, а наибольшие – в группах детей с гиперкинетическим типом, при физической нагрузке нарастающей мощности больший ударный объем крови проявляли мальчики в возрасте 11-12 лет с гипокинетическим и эукинетическим типом кровообращения. Формирование реакций насосной функции сердца у детей 9-12 лет на функциональные нагрузки определяется исходным типом кровообращения.

Ключевые слова: ортостатическая проба, велоэргометрическая нагрузка, гемодинамика, насосная функция сердца, типы кровообращения, функциональная нагрузка

THE PUMPING FUNCTION OF THE HEART OF CHILDREN WITH DIFFERENT TYPES OF BLOOD CIRCULATION DURING FUNCTIONAL LOADS

¹Petrova V.K., ²Vanyushin Yu.S.¹Kazan (Privoljskiy district) federal university, institute of physical culture, sport and reconstructive medicine, Kazan;²Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

The authors studied the peculiarities of cardiac activity in 9-12-year-old children during orthostatic test and ergometric bicycle exercises with increasing loads. The physiological evaluation of condition of the pumping function of the heart was held on the ground of analysis of following indices: heart rate, stroke volume of blood, minute volume of blood. The studies showed that before load the least indices of the pumping function of the heart (heart rate, stroke volume of blood, minute volume) were recorded in the group of children with hypokinetic type of blood circulation. The greatest indices were recorded in the group of children with hyperkinetic type of blood circulation. The greatest stroke volume during physical exercises with increasing loads revealed itself in 11-12-year-old boys with hypokinetic and eukinetic types of blood circulation. The forming of reactions of pumping function of the heart to functional load in 9-12-year-old children is determined with initial type of blood circulation.

Keywords: orthostatic test, ergometric bicycle exercise, hemodynamic, pumping function of the heart, types of blood circulation, functional load

Выявленные Н.И. Савицким [6], а в дальнейшем и другими авторами [1, 2, 7, 8] типы кровообращения подвели ученых к новому взгляду на исследование системы кровообращения. В основу деления на типы кровообращения (ТК) был положен расчет сердечного индекса (СИ), в результате которого группы испытуемых разделились на гипокинетический тип кровообращения (ГТК), характеризующийся низким значением СИ и относительно высокими величинами общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) и удельного периферического сосудистого сопротивления (УПСС); гиперкинетический тип кровообращения (ГрТК), который определяется высокими значениями СИ, ударного индекса (УИ), минутного объема кровообращения (МОК), ударного объема крови (УОК) и низкими ОПСС и УПСС; эукинетический

тип кровообращения (ЭТК), занимающий промежуточное положение между вышеперечисленными типами кровообращения. Испытуемые, относящиеся к различным ТК, по-разному реагируют на функциональные нагрузки [3]. Однако в большинстве своем исследователи для изучения реакций системы кровообращения применяли одну из функциональных нагрузок.

Целью наших исследований было изучить влияние активной ортостатической пробы и велоэргометрической нагрузки повышающейся мощности на насосную функцию сердца в группах детей с различными типами кровообращения.

Материалы и методы исследований

В исследованиях принимали участие дети 9 – 12 лет мужского и женского пола, которые были разделены на четыре группы: 9 – 10 и 11 – 12 лет.

Всего в обследовании участвовало 104 ребенка. В каждой возрастно-половой группе в зависимости от величины СИ исследуемые делились на три подгруппы с различными типами кровообращения: ГрТК – с высокими значениями СИ, ГТК – с низкими и ЭТК со средними значениями СИ. Определение типов кровообращения проводили по методике И. К. Шхвацабая с соавт. [8].

По электрокардиограмме, записанной в I отведении по Небу, находили ЧСС; по дифференциальной реограмме определяли УОК и МОК, которые рассчитывали по формуле В. Кубичека с соавт. в модификации Ю.Т. Пушкаря [5]. Регистрация дифференциальной реограммы осуществлялась автоматически при помощи аналого-цифрового преобразователя АД – 128 в комплекте с компьютером AT Pentium. В наших исследованиях дети выполняли нагрузки ступенчато повышающейся мощности на велоэргометре ЭРГ-3 Казанского «Медфизприбора» без пауз отдыха.

Физиологическая оценка состояния насосной функции сердца проводилась на основании анализа следующих показателей:

ЧСС – частоты сердечных сокращений, уд/мин;

УОК – ударного объема крови, мл;

МОК – минутного объема кровообращения, л/мин.

Показатели фиксировались в состоянии покоя, при выполнении ортостатической пробы и физической нагрузки повышающейся мощности на велоэргометре.

При активной ортостатической пробе испытуемые самостоятельно меняли положение лежа на положение стоя. Продолжительность ортостатической пробы у детей была ограничена до 5 минут. Показа-

тели ЧСС, УОК и МОК фиксировались в положении лежа и стоя на каждой из 5 последующих минут.

На велоэргометре нагрузка подбиралась индивидуально из расчета 0.50, 1.00 и 1.50 Вт/кг. Частота педалирования была постоянной и равнялась 60 об/мин. Длительность каждой ступени составляла 3 мин, т.к. считают, что этого времени достаточно для наступления устойчивого состояния сердечно-сосудистой системы.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в соответствии с общепринятыми методами вариационной статистики [4]. Для оценки достоверности различий нами использовались значения критерия t Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение

Перед нагрузкой наименьшие показатели насосной функции сердца (ЧСС, УОК и МОК) были зарегистрированы в группах детей с гипокINETическим типом кровообращения, а наибольшие – в группах детей с гиперкинетическим типом, независимо от возрастно-половых различий (табл. 1, 2). Так, в группах мальчиков во всех случаях, кроме двух, отмечалась аналогичная закономерность, а в группах девочек – кроме одного случая. По-видимому, как следует из результатов наших исследований и литературных источников, это характерно для лиц с ГТК и ГрТК.

Таблица 1

Изменение показателей насосной функции сердца в группах мальчиков 9–10 (n = 22) и 11–12 (n = 31) лет при активной ортостатической пробе (О) и физической нагрузке (ФН)

показа тель	нагрузка	возраст	ГТК		ЭТК		ГрТК	
			покой	нагрузка	покой	нагрузка	покой	нагрузка
ЧСС уд/мин	О	9 - 10	82.2 ± 3.00	96.91 ± 2.10*	83.80 ± 1.30	94.72 ± 1.50*	84.24 ± 2.10	96.72 ± 3.61
	ФН	9 - 10	82.41 ± 4.08	145.21 ± 3.99*	98.23 ± 3.13	157.79 ± 4.41*	115.00 ± 2.00 ^У	147.89 ± 0.07
	О	11 - 12	76.40 ± 3.10	97.32 ± 3.50*	77.32 ± 1.21	91.12 ± 1.30*	83.23 ± 2.51	95.31 ± 1.40
	ФН	11 - 12	78.55 ± 2.62	131.60 ± 5.31*	84.32 ± 2.44	138.63 ± 2.29*	90.77 ± 4.48 ^У	140.29 ± 7.17
УОК мл	О	9 - 10	33.04 ± 2.60	25.60 ± 2.51	41.31 ± 1.70	30.8 ± 1.21*	57.41 ± 2.50 ^У	33.20 ± 2.40
	ФН	9 - 10	39.89 ± 2.30	45.21 ± 4.21	41.79 ± 1.92	38.33 ± 1.94	47.98 ± 2.10 ^У	33.91 ± 2.31
	О	11 - 12	36.30 ± 3.10	36.62 ± 1.90	49.74 ± 1.70	32.90 ± 1.30*	62.10 ± 3.41 ^У	31.60 ± 2.60
	ФН	11 - 12	40.84 ± 3.20	56.36 ± 5.20*	46.03 ± 1.76	59.77 ± 3.84*	48.09 ± 1.35	47.34 ± 2.53
МОК л/мин	О	9 - 10	2.71 ± 0.20	2.30 ± 0.32	3.42 ± 0.11	2.90 ± 0.10*	4.82 ± 0.20 ^У	3.21 ± 0.30
	ФН	9 - 10	3.24 ± 0.13	6.56 ± 0.61*	4.06 ± 0.12	6.03 ± 0.32*	5.54 ± 0.21 ^У	5.01 ± 0.33
	О	11 - 12	2.83 ± 0.31	3.60 ± 0.20	3.80 ± 0.11	2.93 ± 0.11*	5.20 ± 0.30 ^У	3.05 ± 0.30
	ФН	11 - 12	3.15 ± 0.16	7.34 ± 0.61*	3.85 ± 0.13	8.27 ± 0.40*	4.34 ± 0.24 ^У	6.65 ± 0.53

Примечание:

* – статистическая достоверность различий между результатами, полученными в условиях покоя и нагрузки;

^У – статистическая достоверность различий между результатами групп детей гипокINETического и гиперкинетического типов кровообращения

Таблица 2

Изменение показателей насосной функции сердца в группах девочек 9–10 (n = 25) и 11–12 лет (n = 25) при активной ортостатической пробе (0) и физической нагрузке (ФН)

показатель	нагрузка	возраст	ГТК		ЭТК		ГрТК	
			покой	нагрузка	покой	нагрузка	покой	нагрузка
ЧСС уд/мин	О	9 - 10	79.72 ± 2.10	96.6 ± 4.12*	82.30 ± 1.60	94.92 ± 2.01*	88.0 ± 2.90 ^у	91.30 ± 3.32
	ФН	9 - 10	83.89 ± 2.03	155.34 ± 4.96*	95.38 ± 2.81	156.38 ± 3.05*	103.41 ± 5.38 ^у	144.83 ± 0.23*
	О	11 - 12	75.82 ± 2.70	91.60 ± 2.82*	78.32 ± 1.31	89.51 ± 1.40*	79.32 ± 2.51	89.21 ± 1.70*
	ФН	11 - 12	83.76 ± 1.68	154.58 ± 4.45*	91.82 ± 2.97	161.81 ± 6.94*	104.17 ± 5.45 ^у	167.81 ± 5.55*
УОК мл	О	9 - 10	27.93 ± 1.50	30.21 ± 2.02	41.63 ± 1.40	27.40 ± 1.40*	52.82 ± 3.71 ^у	30.82 ± 2.60*
	ФН	9 - 10	32.47 ± 1.58	38.73 ± 5.63	38.48 ± 1.40	42.83 ± 5.57	41.19 ± 3.44 ^у	41.38 ± 3.79
	О	11 - 12	42.70 ± 3.80	40.2 ± 3.51	53.02 ± 2.20	33.9 ± 1.41*	70.42 ± 3.02 ^у	33.21 ± 2.21*
	ФН	11 - 12	45.00 ± 2.27	51.11 ± 3.49	47.64 ± 2.22	53.23 ± 5.79*	56.50 ± 2.00 ^у	46.62 ± 3.55
МОК л/мин	О	9 - 10	2.23 ± 0.11	2.93 ± 0.20*	3.43 ± 0.11	2.61 ± 0.11*	4.71 ± 0.42 ^у	2.82 ± 0.31*
	ФН	9 - 10	2.74 ± 0.18	5.89 ± 0.74*	3.67 ± 0.18	6.60 ± 0.82*	4.22 ± 0.24 ^у	5.99 ± 0.88*
	О	11 - 12	3.21 ± 0.30	3.72 ± 0.31	4.10 ± 0.21	3.04 ± 0.11*	5.60 ± 0.23 ^у	3.05 ± 0.21*
	ФН	11 - 12	3.76 ± 0.18	7.92 ± 0.71*	4.34 ± 0.15	8.49 ± 0.92*	5.88 ± 0.36 ^у	7.84 ± 0.71*

Примечание:

* – статистическая достоверность различий между результатами, полученными в условиях покоя и нагрузки;

^у – статистическая достоверность различий между результатами групп детей гипокINETического и гиперкинетического типов кровообращения

Эукинетический тип кровообращения по изучаемым показателям занимал промежуточное положение.

При выполнении испытуемыми функциональных нагрузок ЧСС увеличивалась независимо от возрастного-половых особенностей и вида нагрузок. Однако степень увеличения ЧСС, выраженная в процентах, уменьшалась от гипокINETического к гиперкинетическому типу кровообращения. Причиной этого, на наш взгляд, явились исходно большие значения ЧСС перед нагрузкой у лиц с ГрТК. Из этого следует, что начальное состояние организма во многом определяет характер последующих его реакций. Эта зависимость в биологии и медицине известна как «закон исходного значения». Обнаружение нами связи между реакцией кровообращения на функциональные нагрузки и исходным состоянием показателей насосной функции сердца содержит в себе все свойства «закона исходного значения», который показывает, что чем выше исходная активность, тем менее выражена реакция на активирующие стимулы.

Показатели УОК и МОК в результате применения функциональных нагрузок в исследуемых группах изменялись разнонаправленно. Так, ударный выброс при ортостатической пробе в группах детей с ЭТК и ГрТК уменьшался на достоверную вели-

чину независимо от обследуемых возрастного-половых групп. Однако в группе детей с гипокINETическим ТК наблюдалась неизменность или тенденция к уменьшению УОК независимо от возрастного-половых особенностей детей исследуемых групп.

При физической нагрузке нарастающей мощности больший УОК оказались способны проявлять мальчики в возрасте 11–12 лет с ГТК и ЭТК. В остальных случаях повышение УОК носило недостоверный характер. Подключение механизма Франка-Старлинга при ГТК во время физической нагрузки свидетельствовало о более экономичном характере адаптации. А при гиперкинетическом ТК во время адаптации к физической нагрузке это происходило за счет ино- и хронотропной функции миокарда без подключения механизма Франка-Старлинга [3].

Сердечный выброс в наших исследованиях при ортостатической пробе уменьшался, а при выполнении физической нагрузки увеличивался в группах детей с ЭТК и ГрТК, кроме как в группе мальчиков с ГрТК. В группе детей с ГТК наблюдалось увеличение МОК при выполнении ими физической нагрузки, а при смене положения тела отмечалась тенденция к уменьшению МОК, но чаще всего нами регистрировалось увеличение сердечного выброса, особенно в

результате применения физических нагрузок повышающейся мощности.

На основании полученных нами экспериментальных данных показателей МОК и УОК «закон исходного значения» получил следующую интерпретацию: исходно меньшим значениям этих показателей соответствовали менее выраженные изменения, а исходно большим – значительные.

Заключение

Таким образом, как показали проведенные исследования, перед нагрузкой наименьшие показатели насосной функции сердца (частота сердечных сокращений, ударный объем крови и минутный объем кровообращения) были зарегистрированы в группах детей с гипокинетическим типом кровообращения, а наибольшие – в группах детей с гиперкинетическим типом, при физической нагрузке нарастающей мощности больший ударный объем крови оказались способны проявлять мальчики в возрасте 11–12 лет с гипокинетическим и эукинетическим типом кровообращения. Формирование реакций насосной функции сердца у детей 9–12 лет на функциональные нагрузки определяется исходным типом кровообращения.

Список литературы

1. Ванюшин М.Ю., Ю.С. Ванюшин Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов разных видов спорта и возраста к физической нагрузке. Казань: Изд-во ООО «Печать-Сервис XXI век», 2011. 138 с.
2. Ванюшин Ю.С. Компенсаторно-адапционные реакции кардиореспираторной системы: дис.... докт. биол. наук. – Казань, 2001. – 322 с.
3. Земцовский Э.В. Функциональная диагностика состояния вегетативной нервной системы. СПб.: Инкарт, 2004. 80 с.
4. Иванов В.С. «Основы математической статистики»: учеб. пособие для институтов физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1990. 165 с.
5. Пушкар Ю.Т. Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его метрологические возможности. / Ю.Т. Пушкар, В.М. Большов, Г.И. Хеймец, и др. // Кардиология. – 1977. – Т. 27. №7. – С.85-90.
6. Савицкий Н.И. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. Л., 1974. 311 с.
7. Хайруллин Р.Р. Влияние физической нагрузки повышающейся мощности на показатели кардиореспираторной системы спортсменов с различными типологическими осо-

бенностями кровообращения. / Р.Р. Хайруллин, О.В. Косарева // Фундаментальные исследования. – 2011. - № 10. – С. 393 – 396.

8. Шхвацабая И.К. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы / И.К. Шхвацабая, Е.Н. Константинов, И.А. Гундарев // Кардиология. – 1981. – Т. 21, №3. – С. 10-14.

References

1. Vanyushin, Yu.S. Adaptatsiya kardioresperatornoy sistemy sportsmenov raznykh vidov sporta i vosrasta k fizicheskoy nagruzke. [Adaptation reactions of cardiorespiratory system under different kind of muscular exercising]. Kazan. Taglimat, 2003. 128 p.
2. Vanyushin, Yu.S. Kompensatorno-adaptyonnnye reaktzii kardioresperatornoy sistemy. [Adaptation reactions of cardiorespiratory system]. Kazan. Taglimat, 2001. 323 p.
3. Zemtsovskiy E.V. Funktsionalnaya diagnostika sostoyania vegetativnoy nervnoy sistemy [The functional diagnostics of condition of vegetative nervous system]. St Petersburg. Inkart, 2004. 80 p.
4. Ivanov V.S. Osnovy matematicheskoy statistiki. [Fundamentals of mathematical statistics]. Moscow. Physical training and sport, 1990. 165 p.
5. Pushkar U.T., Bolshov B.M., Kheymets G.I. Opredelenie serdechnogo vybrosa metodom tetrapolyarnoy grudnoy reografii i ego metrologicheskie vozmozhnosti. [Definition the heart output by means of tetrapolar chest rheography and its metrological possibilities]. Kardiologiya [Cardiology], 1977, no. 7, pp. 85-90.
6. Savitskiy N.I. Biofizicheskie osnovy krovoobrascheniya i klinicheskie metody izucheniya gemodinamiki [Biophysical basics of blood circulation and clinical methods of studying of hemodynamic]. 1997. 311 p.
7. Khayrulin R.R., Kosareva O.V. Vliyanie fizicheskoy nagruzki povyshayuscheysya moschnosti na pokasateli kardioresperatornoy sistemy sportsmenov s razlichnymi tipologicheskimi osobennostyami krovoobrascheniya [The influence of increasing load to indices of cardiorespiratory system of sportsmen with different typological peculiarities of blood circulation]. Fundamentanye issledovaniya [Fundamental studies], 2001, no. 10, pp. 393-396.
8. Shkhvatsabaya I.K., Konstantinov E.N., Gundarev I.A. O novom podkhode k ponimaniyu gemodinamicheskoy normy [About new approach to understanding of hemodynamic sample], Kardiologiya [Cardiology], 1981, no. 3. pp. 10-14.

Рецензенты:

Шайхелисламова М.В., д.б.н., профессор, профессор кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека ФГАОВ ВПО «Казанский федеральный университет», Министерство образования и науки РФ, г. Казань;

Усенко В.И., д.б.н., профессор, зав. кафедрой «Фармакология и токсикология» ФГБОУ ВПО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э.Баумана», Министерство сельского хозяйства, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.