

УДК 612.172.4-053.4

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ 6–7-ЛЕТНИХ ДЕТЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© 2018 г. Н. Г. Русских, Л. И. Иржак

ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар

Цель исследования – определить длительности интервалов PP, PT, PQ, QT и сегмента TP в двух группах детей обоих полов в возрасте 6–7 лет в контроле и под воздействием активной ортостатической пробы (АОП $n = 20$) и пробы Мартине (ПМ $n = 15$). **Методы.** Изучали длительности ЭКГ-интервалов на электрокардиограмме во II стандартном отведении до и после применения АОП и ПМ. Представлены средние значения ($M \pm SD$) и кардиоинтервалограммы длительностей элементов ЭКГ до и после функциональных проб. **Результаты.** При АОП частота сердечных сокращений (ЧСС) увеличилась на 24 %, длительность интервала PP уменьшилась на 15 %, PT – на 4 %, QT – на 9 %, сегмента TP – на 38 %, а длительность интервала PQ незначительно увеличилась на 8 %. При ПМ ЧСС увеличилась на 21 %, остальные показатели изменились на 17, 5, 3 и 50 % соответственно. Интервал PQ остался без изменений. Отмечены корреляции разных уровней до и после проб между следующими показателями: ЧСС $r_s = 0,67$ (АОП) и $r_s = 0,36$ (ПМ), PP $r_s = 0,69$ (АОП) и $r_s = 0,26$ (ПМ), PT $r_s = 0,93$ (АОП) и $r_s = 0,74$ (ПМ), PQ $r_s = 0,78$ (АОП) и $r_s = 0,67$ (ПМ), QT $r_s = 0,83$ (АОП) и $r_s = 0,65$ (ПМ) и TP $r_s = 0,56$ (АОП) и $r_s = 0,37$ (ПМ). **Выводы.** В результате действия двух функциональных проб на сердечно-сосудистую систему детей увеличивается ЧСС и сокращается длительность интервалов ЭКГ. Вариабельность показателей становится меньше по сравнению с контролем. Наиболее существенно изменяются показатели сегмента TP.

Ключевые слова: дети, кардиоинтервалы, электрокардиограмма, Европейский Север, проба Мартине, активная ортостатическая проба, ЧСС

VARIABILITY OF ELECTROCARDIOGRAM ELEMENTS IN 6-7 YEARS CHILDREN UNDER THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH

N. G. Russkikh, L. I. Irzhak

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

The Aim: to determine the duration of the ECG intervals of PP, PT, PQ, QT and TP segment in two groups of children of both sexes aged 6-7 years in control and under the influence of an active orthostatic test (AOP $n = 20$) and test- Martine-Kushelevsky (PM $n = 15$). **Methods.** We studied the duration of ECG intervals in the II standard lead before and after the application of orthostatic test and test- Martine-Kushelevsky. Indices after statistical analysis were presented by $M \pm SD$ and cardiointervalogram. **Results.** During orthostatic test the heart rate increased by 24 %, the duration of the PP interval was down by 15 % (from 0.71 ± 0.1 s in the control to 0.60 ± 0.1 s) PT - by 4 % (from 0.47 ± 0.03 s to 0.45 ± 0.03 s), QT - by 9 % (from 0.34 ± 0.02 s to 0.31 ± 0.01 s), segment of the TP - from 0.24 ± 0.1 s to 0.15 ± 0.1 s (38 %), and the duration of the PQ interval increased insignificantly by 8 % (from 0.13 ± 0.01 s to 0.14 ± 0.01 s). During test- Martine-Kushelevsky, the heart rate increased by 21 %, the remaining indices changed by 17 % (from 0.64 ± 0.1 s to 0.53 ± 0.04 s), 5 % (from 0.44 ± 0.03 s to 0.42 ± 0.03 s), 3 % (0.31 ± 0.01 s to 0.28 ± 0.004 s) and 50 % (from 0.20 ± 0.1 s to 0.10 ± 0.03 s) respectively. The PQ interval remained unchanged. Correlations between the heart rate before and after the samples $r_s = 0.67$ (AOP) and $r_s = 0.36$ (PM), between PP $r_s = 0.69$ (AOP) and $r_s = 0.26$ (PM), between PT $r_s = 0.93$ (AOP) and $r_s = 0.74$ (PM), between PQ $r_s = 0.78$ (AOP) and $r_s = 0.67$ (PM), between QT $r_s = 0.83$ (AOP) and $r_s = 0.65$ (PM) and between TP $r_s = 0.56$ (AOP) and $r_s = 0.37$ (PM). **Conclusions.** As a result of the action of two functional tests on the cardiovascular system of children aged 6-7 years, the heart rate increased and the duration of the ECG intervals was shortened. The variability of the indicators was less than in the control. The most significantly changed the parameters of the TP segment.

Key words: Children, RR intervals, electrocardiogram, European North, test-Martine Kushelevsky, active orthostatic test, heart rate

Библиографическая ссылка:

Русских Н. Г., Иржак Л. И. Вариабельность элементов электрокардиограммы 6–7-летних детей под действием физических нагрузок в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2018. № 10. С. 32–38.

Russkikh N. G., Irzhak L. I. Variability of Electrocardiogram Elements in 6-7 Years Children under the Influence of Physical Activity in the Conditions of the European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 10, pp. 32-38.

Теории адаптации организма по П. К. Анохину, Ф. З. Меерсону, Н. А. Агаджаняну и современное понимание принципов экономизации функций имеют большое значение для исследователей и дают дополнительные обобщенные сведения об особенностях состояния функциональных систем организма человека в разных условиях [5–7, 15]. В частности, действие на организм человека факторов Европей-

ского Севера с его специфическими природно-климатическими условиями, такими как короткое холодное лето, продолжительная зима, короткие световые дни зимой, низкие температуры, колебания атмосферного давления, привлекают внимание физиологов [6, 12]. Важен анализ воздействия суровых экологических условий Севера на детский организм. В этом отношении научный и практический интерес представляет учет

состояния детей 6–7 лет, которые согласно схеме возрастной периодизации относятся к периоду первого детства [2, 11, 19]. Этот возраст определяют как критический [3, 17], так как различные технологии подготовки ребенка к школе оказывают большое влияние на детский организм, происходят систематические интенсивные морфофункциональные перестройки организма ребенка, что, очевидно, связано с затратами функциональных резервов в раннем возрасте. Сердечно-сосудистая система (ССС) особенно чутко реагирует на все эти воздействия, проявляясь вариабельностью сердечного ритма (ВСР) [18, 20, 22].

Вариабельность сердечного ритма рассматривают с применением электрокардиограммы (ЭКГ) в основном по длительности интервалов RR и реже по таким элементам, как интервал PT, который отражает продолжительность предсердно-желудочкового комплекса (электрическую систолу), интервал PQ, соответствующий времени прохождения импульса от предсердий через атриовентрикулярный узел к желудочкам, QT, отражающий систолу желудочка, и сегмент TP, представляющий собой электрическую диастолу сердечного цикла [1, 18, 21]. Для выявления особенностей реакции ССС и элементов ЭКГ, выявления резервных возможностей организма применяют нагрузочные пробы с их важным диагностическим значением [13–15].

Цель работы — определить длительности ЭКГ-интервалов PP, PT, PQ, QT и сегмента TP в двух группах детей обоих полов в возрасте 6–7 лет в контроле и под воздействием активной ортостатической пробы (АОП) и пробы Мартине (ПМ) для анализа ВСР и функциональных резервов человека в раннем возрасте.

Методы

Обследованы две группы детей обоих полов в возрасте 6–7 лет, которые родились и проживают в условиях Европейского Севера (61° с. ш.). Исследование проводили в условиях городского детского сада в мае с 11.00 до 12.30 при естественном освещении. Температура воздуха в помещении составляла 20–22 °С, влажность воздуха — около 60 %. Регистрацию показателей проводили в спокойной, психологически комфортной для детей обстановке. По данным медицинских карт, дети практически здоровы, физической культурой занимались в объеме учебной программы дошкольного учреждения. На обследование было получено разрешение родителей и комиссии по этике Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина (Протокол № 21 от 10.05.2017 года).

У детей из обеих групп измеряли длину (см) и массу тела (кг). ЭКГ записывали во II стандартном отведении с помощью прибора «ВНС-ритм» (Нейрософт, Россия) по 100 кардиоциклов в положении испытуемого лежа (контроль АОП) и сидя (контроль ПМ) и по 50 кардиоциклов в ответ на АОП (n = 20) и на ПМ (n = 15). Таким образом, статистика

проводилась с учетом общего числа наблюдений: в контроле АОП — 2 000 кардиоциклов (20×100), в опыте АОП — 1 000 кардиоциклов (20×50), в контроле ПМ — 1 500 кардиоциклов (15×100), в опыте ПМ — 750 кардиоциклов (15×50). Интервалы PP, PT, PQ, QT и TP измеряли с помощью линейки, погрешность — 0,5 мм. Результаты после статистической обработки с помощью пакета программы Excel представлены в виде $M \pm SD$ (с), где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение, и кардиоинтервалограмм (КИГ). В связи с непараметрическим распределением данных для расчета корреляций между показателями использовали ранговый коэффициент корреляций по Спирмену (r_s) [16], уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты

Антропометрические данные представлены в табл. 1. Они соответствуют стандартам для детей 6–7-летнего возраста [4, 17].

Таблица 1
Антропометрические данные детей 6–7 лет

Статистический показатель	Длина тела, см	Масса тела, кг	Индекс Кетле
Группа 1			
M	122	24	15,9
SD	5,2	3,2	1,6
min	113	19	13,9
max	134	34	20,9
Группа 2			
M	120	22,9	15,8
SD	6,7	3,5	1,4
min	106	16,6	13,6
max	132	28	18,8

Результаты исследования приведены в табл. 2.

Из приведенных данных следует, что оба вида воздействий увеличивают частоту сердечных сокращений (ЧСС) и снижают длительности ЭКГ-интервалов, но детали изменений различны.

1. Активная ортостатическая проба (см. табл. 2). ЧСС составляет $(85,0 \pm 8,6)$ уд./мин (разница между крайними значениями до 54 % в контроле и после АОП). АОП увеличивает ЧСС на 24 %. Коэффициент корреляции между ЧСС до и после нагрузки $r_s = 0,50$. В контроле длительность интервала PP находится на уровне $(0,71 \pm 0,10)$ с, длительность предсердно-желудочкового комплекса (PT) занимает 66 % от длительности PP, принятой за 100 %, а TP — электрическая диастола — 34 %. В свою очередь, длительность интервала PQ, который принимает электрический сигнал от водителя ритма одним из первых, не превышает 0,18 с. В общей длительности кардиоцикла PT до 28 % приходится на PQ, около 72 % — на интервал QT. Разница между крайними значениями QT — 43 %, между крайними значениями PQ — 80 %.

В результате действия АОП соотношения между

Таблица 2

Длительность интервалов ЭКГ (с) в контроле и в ответ на функциональные пробы у детей 6–7 лет										
Испытуемый	Контроль					Опыт				
	PP	PT	TP	PQ	QT	PP	PT	TP	PQ	QT
Активная ортостатическая проба (группа 1)										
ЧД	0,89	0,53	0,36	0,14	0,39	0,78	0,51	0,27	0,16	0,35
ПМ	0,83	0,51	0,32	0,13	0,38	0,63	0,49	0,14	0,16	0,33
МН	0,80	0,48	0,32	0,14	0,34	0,64	0,46	0,18	0,15	0,31
КС	0,79	0,48	0,31	0,14	0,34	0,67	0,47	0,20	0,17	0,30
ММ	0,78	0,45	0,33	0,11	0,34	0,57	0,42	0,15	0,12	0,30
КО	0,74	0,51	0,23	0,18	0,33	0,54	0,48	0,06	0,18	0,30
ЧП	0,72	0,50	0,22	0,13	0,37	0,59	0,46	0,13	0,14	0,32
ШВ	0,70	0,46	0,24	0,13	0,33	0,56	0,43	0,13	0,13	0,30
БД	0,70	0,46	0,24	0,13	0,33	0,54	0,44	0,10	0,14	0,30
ЗИ	0,70	0,45	0,25	0,11	0,43	0,70	0,44	0,26	0,12	0,32
ЯА	0,69	0,48	0,21	0,12	0,36	0,54	0,43	0,11	0,12	0,31
ВА	0,69	0,46	0,23	0,13	0,33	0,61	0,44	0,17	0,15	0,29
ПС	0,69	0,46	0,23	0,10	0,36	0,56	0,44	0,12	0,13	0,31
ТН	0,68	0,45	0,23	0,14	0,31	0,60	0,43	0,17	0,14	0,29
КА	0,65	0,49	0,16	0,14	0,35	0,60	0,47	0,13	0,17	0,30
ФД	0,65	0,43	0,22	0,12	0,31	0,57	0,42	0,15	0,13	0,29
ФелД	0,65	0,44	0,21	0,12	0,32	0,58	0,43	0,15	0,13	0,30
БН	0,64	0,46	0,18	0,14	0,32	0,58	0,43	0,15	0,14	0,29
ФилД	0,62	0,50	0,12	0,15	0,35	0,55	0,47	0,08	0,16	0,31
КВ	0,58	0,43	0,15	0,13	0,30	0,51	0,40	0,11	0,12	0,28
М	0,71	0,47	0,24	0,13	0,34	*0,60	0,45	*0,15	0,14	0,31
SD	0,1	0,03	0,1	0,01	0,02	0,1	0,03	0,1	0,01	0,01
min	0,58	0,43	0,12	0,10	0,30	0,51	0,40	0,06	0,12	0,28
max	0,89	0,53	0,36	0,18	0,43	0,78	0,49	0,27	0,18	0,35
Счет	2000	2000	2000	2000	2000	1000	1000	1000	1000	1000
Проба Мартине (группа 2)										
PyA	0,87	0,45	0,42	0,13	0,32	0,48	0,38	0,10	0,11	0,27
КС	0,76	0,48	0,28	0,15	0,33	0,57	0,45	0,12	0,13	0,32
ША	0,69	0,46	0,23	0,13	0,32	0,57	0,44	0,13	0,13	0,31
КМ	0,67	0,44	0,23	0,14	0,30	0,61	0,43	0,18	0,13	0,30
ЧП	0,67	0,46	0,21	0,15	0,36	0,55	0,46	0,09	0,15	0,31
ЧА	0,64	0,45	0,19	0,13	0,32	0,54	0,41	0,12	0,11	0,30
ВК	0,63	0,46	0,17	0,14	0,32	0,56	0,47	0,09	0,15	0,32
БМ	0,63	0,45	0,18	0,12	0,33	0,53	0,44	0,09	0,13	0,31
МО	0,61	0,43	0,18	0,12	0,31	0,47	0,40	0,07	0,11	0,29
ИА	0,60	0,40	0,20	0,11	0,28	0,50	0,39	0,11	0,12	0,27
ДП	0,60	0,46	0,14	0,15	0,31	0,54	0,45	0,09	0,15	0,30
РА	0,58	0,44	0,14	0,14	0,30	0,49	0,43	0,06	0,13	0,30
СВ	0,57	0,42	0,15	0,14	0,28	0,51	0,41	0,10	0,12	0,29
КpC	0,56	0,41	0,15	0,11	0,30	0,51	0,41	0,10	0,12	0,29
КК	0,49	0,38	0,11	0,11	0,28	0,48	0,38	0,10	0,11	0,27
М	0,64	0,44	0,20	0,13	0,31	*0,53	0,42	*0,10	0,13	0,29
SD	0,1	0,03	0,1	0,003	0,01	0,04	0,03	0,03	0,003	0,004
min	0,49	0,38	0,11	0,11	0,28	0,47	0,38	0,06	0,11	0,27
max	0,87	0,48	0,42	0,15	0,36	0,61	0,47	0,18	0,15	0,32
Счет	1500	1500	1500	1500	1500	750	750	750	750	750

Примечание. * – значимость разницы ($p = 0,047$ при АОП и $p = 0,048$ при ПМ) между показателями до и после функциональной пробы.

длительностями элементов ЭКГ в общей длительности кардиоциклов PP меняются. Длительность интервала PP уменьшается на 15 %, в результате интервал PT, длительность которого остается практически без изменений (разница 4 %), растет до 75 %, а сегмент TP снижается до 25 %. Меняется также и

соотношение между длительностями интервалов PQ и QT в кардиоцикле PT: до 31 и 69 % соответственно. Абсолютные их значения в ответ на АОП практически не меняются (8 и 9 % соответственно). Наиболее при АОП изменяется сегмент TP, его длительность снижается на 38 % против контроля.

Корреляциями подчеркиваются функциональные связи между следующими интервалами: РР и РТ $r_s = 0,64$, РР и ТР $r_s = 0,93$, РТ и РQ $r_s = 0,65$, РТ и QT $r_s = 0,49$. При АОП уровень связи между РР и РТ и между РР и ТР несколько снизился ($r_s = 0,60$ и $r_s = 0,91$ соответственно), а между РТ и РQ и между РТ и QT — значительно увеличился ($r_s = 0,82$ и $r_s = 0,75$ соответственно). Во всех случаях уровень значимости $p = 0,047$.

2. Проба Мартине (см. табл. 2). ЧСС составляет в среднем $(94,0 \pm 12,1)$ уд./мин (разница между крайними значениями до 77 % в контроле и до 29 % после АОП) и при ПМ увеличивается на 21 %. В составе РР при контроле (длительность в среднем равна $(0,64 \pm 0,10)$ с) около 69 % приходится на долю интервала РТ, на сегмент ТР — около 31 %. В свою очередь, длительность интервала РQ не превышает 0,15 с в контроле. В общей длительности кардиоцикла РТ на интервал РQ приходится до 30 %, на интервал QT — около 70 %. Разница между крайними значениями QT — 29 %, между крайними значениями РQ — 36 %.

Под влиянием ПМ длительность РР и сегмента ТР уменьшаются на 17 и 50 % против начальной длины соответственно. РТ, РQ и QT практически не изменяются (на 5, 1 и 3 % соответственно). Несмотря на незначительное изменение длительности при ПМ, доля интервала РТ в общей длительности кардиоцикла вырастает на 14 % и составляет около 79 %. Доля сегмента ТР в составе РР снижается на 32 % и составляет 21 %. Меняется также и соотношение между длительностями интервалов РQ и QT в кардиоцикле РТ: до 31 и 69 % соответственно.

Корреляциями также подчеркиваются функциональные зависимости между следующими интервалами: РР и РТ $r_s = 0,66$, РР и ТР $r_s = 0,96$, РТ и РQ $r_s = 0,77$, РТ и QT $r_s = 0,91$. Между РР и РТ, РТ и РQ, РТ и QT при ПМ уровень связи вырос незначительно ($r_s = 0,71$, $r_s = 0,79$ и $r_s = 0,93$ соответственно), а между РР и ТР снизился до $r_s = 0,68$. Уровень значимости во всех случаях $p = 0,048$.

Обсуждение результатов

Значительных связей между ростовесовыми показателями детей и их показателями ЧСС и ЭКГ не обнаружено.

АОП и проба Мартине — одни из наиболее простых и безопасных способов тестирования, которые применяются для изучения состояния ССС как у взрослых, так и у детей. Критериями показателей после выполнения нагрузок являются изменения ЧСС и длительности интервалов ЭКГ, которые содержат информацию об адаптационных возможностях и функциональных резервах организма. Представленные функциональные пробы (ФП) позволяют не только оценивать резервные возможности ССС и системы кровообращения, но и выявлять динамику развития ССС, характерную для данного возраста, а также позволяют получать сведения о функциональных

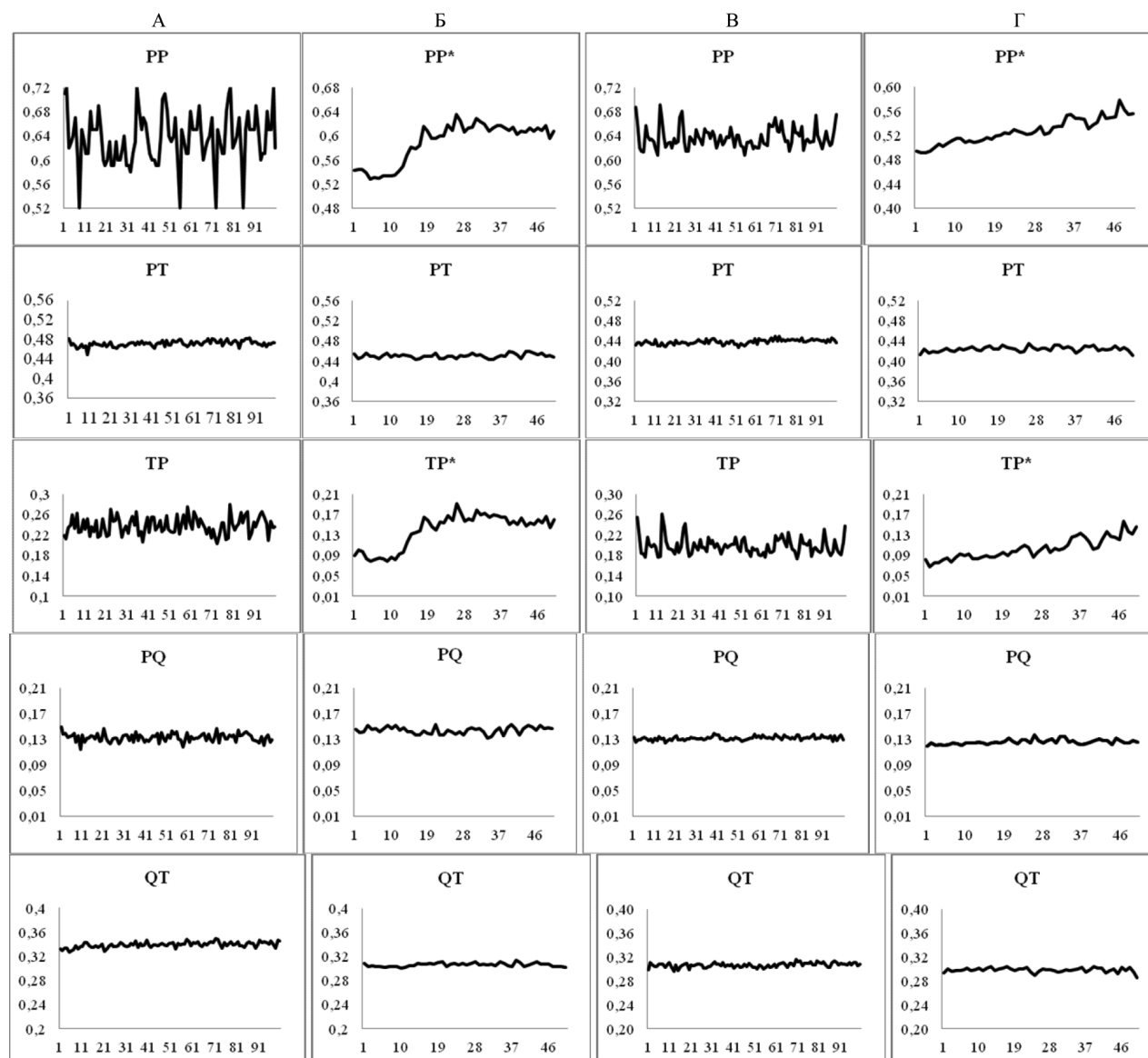
резервах организма [1, 8]. Изменения показателей ВСР, вегетативного и сосудистого компонентов реакции на нагрузки в несколько раз превышают те же показатели в покое. В возрасте 6–7 лет у ребенка наблюдается значительная индивидуальная изменчивость показателей работы сердца [12, 20, 23].

В результате проведенных исследований прослежены в условиях Европейского Севера реакции детей, не имеющих специальной физической подготовки и занимающихся физической культурой в объеме учебной программы дошкольного учреждения, на два шадающих вида физических воздействий. В соответствии с методикой контроль для АОП проведен в положении детей лежа, а контроль для ПМ — в положении детей сидя. Разница между исходными позициями статистически незначима. При положении лежа (А) приток крови к сердцу значительно больше, ребенок получает так называемый эффект волны прилива, что выражено на рисунке большей вариабельностью. При положении стоя (Б) приток циркулирующей крови к сердцу уменьшается, замедляется скорость кровотока, учащается ЧСС. Отмечено, что скорость кровотока падает непосредственно после перехода ребенком из положения лежа в положение стоя. При положении сидя (В) объем циркулирующей крови незначительно меньше, чем в положении лежа.

При обоих видах воздействий наименьшую вариабельность проявляют интервалы РТ, РQ, QT, наибольшую — сегмент ТР, за счет которого практически повторяется вариабельность РР. Эти особенности четко демонстрируются на объединенных КИГ (см. рисунок), позволяющих видеть, как варьирует длительность каждого интервала. О достоверности большей вариабельности сегмента ТР и меньшей вариабельности РТ свидетельствуют также данные SD, которые у РТ, РQ, QT различаются от ТР на порядок (см. табл. 2).

Отмечено, чем выше ЧСС в ответ на функциональную нагрузку, тем выше доля предсердно-желудочкового комплекса РТ и меньше доля электрической диастолы (ТР), которая соответствует изопотенциальному состоянию миокарда. Из этого следует, что у детей 6–7 лет проявляются сходные со взрослым человеком черты хронотропности миокарда [9] под влиянием воздействий физического характера.

Учитывая большой размах значений ЧСС, мы воспользовались данными о том, что результаты реакции ЧСС и элементов ЭКГ на физическую нагрузку зависят от уровня исходной величины показателя [9, 10, 15]. Исходные показатели элементов ЭКГ у детей с более низкими ЧСС и более высокими ЧСС различны, и степень их изменений под действием опытов неодинакова. Если рассмотреть полученные нами данные (см. табл. 2), то можно выделить две группы: с низкими ЧСС (от 77 до 67 уд./мин в контроле АОП и от 69 до 79 уд./мин в контроле ПМ) и высокими ЧСС (от 92 до 103 уд./мин в контроле АОП и от 100 до 122 уд./мин в контроле ПМ).



Объединенные кардиоинтервалограммы детей (АОП $n = 20$, ПМ $n = 15$) в контроле и под влиянием нагрузочных тестов; по горизонтали — номера интервалов, по вертикали — секунды; А — контроль АОП, Б — АОП, В — контроль ПМ, Г — ПМ
Примечание. * — значимость разницы ($p = 0,047$ при АОП, $p = 0,048$ при ПМ) между показателями до и после функциональной пробы.

В покое у детей с низкими ЧСС интервал РР и сегмент ТР имеют большую длительность (в среднем 0,81 и 0,32 с в контроле АОП и 0,81 и 0,35 с в контроле ПМ), чем у детей с более высокими ЧСС (в среднем 0,63 и 0,17 с в контроле АОП и 0,56 и 0,14 с в контроле ПМ). Интервал РТ практически одинаковый в обеих группах детей: в контроле АОП — 0,49 и 0,45 с, в контроле ПМ — 0,46 и 0,41 с.

При опыте наиболее значительные изменения отмечены у детей с меньшей изначальной величиной ЧСС. При АОП длительность интервала РР уменьшается на 20 %, сегмента ТР — на 44 %, при ПМ — на 36 и 69 % соответственно, в то время как у детей с более высокими величинами ЧСС в контроле длительность интервала РР в той и другой пробах уменьшилась на 11 %, а длительность сегмента ТР при АОП изменилась на 29 %, при ПМ — на 36 %. Интервал РТ после опыта

практически не изменяется. Результаты доказывают, что степень сдвига ЧСС и элементов ЭКГ в ответ на ФП зависит от значений ЧСС в контроле. И еще раз мы видим то же, что и в общей группе детей: вне зависимости от опыта РТ практически остается на том же уровне, что и в контроле, а длительность ТР изменяется значительно.

Несмотря на то, что функциональные резервы миокарда у 6–7-летних детей в ответ на действие ПМ активизируются, очевидно, в такой же степени, как в экспериментах с применением АОП, но вызывает более сильную реакцию со стороны работы сердечной мышцы детей, нежели проба на ортостатику. Следует отметить, что ни результаты нашей работы, ни исследования других авторов [10] не дают оснований считать, что у детей, проживающих в условиях Европейского Севера, реакция ССС на ФП имеет какие-либо особенности.

Из сказанного следуют выводы:

1) обе функциональные пробы уменьшают интервалы РР, что происходит при заметно более выраженном снижении длительности сегмента ТР с наибольшей вариабельностью в ответ на обе пробы ($\pm 0,1$ с в контроле и $\pm 0,1$ с в опыте);

2) ПМ вызывает большую вариабельность показателей ЭКГ, чем АОП;

3) на графиках КИГ отмечена практически идентичная вариабельность интервала РР и сегмента ТР в ответ на обе нагрузки ($\pm 0,1$ с в контроле и $\pm 0,1$ с в опыте);

4) интервалы РТ, а также РQ и QT, которые является частью РТ, в ответ на функциональные пробы практически не изменяются.

Авторство

Русских Н. Г. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; подготовила первый вариант статьи; окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись. Иржак Л. И. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретацию данных; окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Русских Надежда Геннадьевна — SPIN 1240-4336; ORCID 0000-0003-4413-8258.

Иржак Лев Исакович — SPIN 1156-8956; ORCID 0000-0003-3459-7848.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Список литературы

1. Адамовская О. Н. Типологические и индивидуальные особенности автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей младшего школьного возраста при ортостатической подготовке // Новые исследования. 2012. № 3 (32). С. 37–50.
2. Аршавский И. А. Основы возрастной периодизации // Возрастная физиология. Л.: Наука, 1975. С. 3–67.
3. Бакиева Н. З., Гребнева Н. И. Комплексное исследование «школьной зрелости» современных детей // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 6. С. 157–164.
4. Волкова С. И., Шляпина Н. С. Исследование антропометрических параметров у детей дошкольного учреждения // Молодой ученый. 2016. № 3. С. 361–364.
5. Гараева Г. Р., Еськов В. М., Еськов В. В., Гудков А. Б., Филатова О. Е., Химикина О. И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. № 9. С. 50–55.
6. Гудков А. Б., Шишелова О. В. Морфофункциональные особенности сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2011. 152 с.
7. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.
8. Догадкина С. Б. Возрастные и индивидуальные особенности адаптационных возможностей у детей дошкольного и младшего школьного возраста // Новые исследования. 2013. № 2 (35). С. 57–65.

9. Иржак Л. И., Дудникова Е. А. Частота сердечных сокращений и длительность элементов ЭКГ у взрослого человека при физической нагрузке // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2017. № 2. С. 209–216.

10. Кузьменко В. А. Сердечный компонент ортостатической реакции при разной исходной частоте сердечбиений // Физиология человека. 1986. № 4. С. 684.

11. Маркосян А. А. Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков. М.: Медицина, 1969. 575 с.

12. Оникул Е. В., Иржак Л. И. Амплитудно-временные характеристики электрокардиограммы детей трех и четырех лет в покое и при активной ортостатической пробе в зимнее время года // Экология человека. 2011. № 11. С. 31–35.

13. Панкова Н. Б. Функциональные пробы для оценки состояния здоровых людей по вариабельности сердечного ритма // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2013. № 6. С. 682–696.

14. Похачевский А. Л. Изучение вариабельности ритма сердца при нагрузочном тестировании // Кардиология. 2010. № 1. С. 29–60.

15. Русских Н. Г., Иржак Л. И. Вариабельность элементов электрокардиограммы в ответ на ментальную пробу у юношей 18–19 лет // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6, № 1. С. 35–40. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35.

16. Унгурану Т. Н., Гржибовский А. М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60.

17. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: сборник материалов (вып. VI); под ред. акад. РАН и РАМН А. А. Баранова, член-корр. РАМН В. Р. Кучмы. М.: ПедиатрЪ, 2013. 192 с.

18. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторингирования вариабельности ритма сердца // Интернет-журнал по функциональной диагностике. 2013. № 23. С. 54–67.

19. Черепанова Е. В. Морфофункциональное и психофизиологическое развитие детей 6–7 лет и их адаптация к систематическому обучению в школе // Мир науки, культуры и образования. 2010. № 4-1. С. 288–291.

20. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 255 с.

21. Malik M. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // European Heart Journal. 1996. Vol. 17. P. 354–381.

22. Noble A., Johnson R., Thomas A., Bass P. The Cardiovascular System. Basic science and clinical Conditions. Toronto, 2010. 184 p.

23. Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P., Tompuri T., Veijalainen A., Savonen K. and Lakka T. Normal values for heart rate variability parameters in children 6-8 years of age: the PANIC Study // Clinical physiology and functional imaging. 2014. Vol. 34, iss. 4. P. 290–296.

References

1. Adamovskiy O. N. Typological and individual peculiarities of autonomic heart rate regulation in primary school children when performing an orthostatic heart rate test. *Novye issledovaniya* [New researches], 2012, 3 (32), pp. 37–50. [In Russian]
2. Arshavskiy I. A. Osnovy vozrastnoy periodizatsii [Fundamentals of age periodization]. In: *Vozrastnaya*

fiziologiya [Age Physiology]. Leningrad, Nauka Publ., 1975, pp. 3-67.

3. Bakieva N. Z., Grebneva N. I. A complex research of modern children's «school maturity». *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tyumen State University]. 2014, 6, pp. 157-164. [In Russian]

4. Volkova S. I., Shlyapina N. S. Investigation of anthropometric parameters in preschool children. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist]. 2016, 3, pp. 361-364. [In Russian]

5. Garaeva G. R., Eskov V. M., Eskov V. V., Gudkov A. B., Filatova O. E., Himikova O. I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 9, pp. 50-55. [In Russian]

6. Gudkov A. B., Shishelova O. V. *Morfofunktsional'nyye osobennosti serdtsa i magistral'nykh sosudov u detey shkol'nogo vozrasta* [Morphofunctional features of the heart and trunk vessels in school-age children]. Arkhangelsk, 2011, 152 p.

7. Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and specific features of cardiac rhythm regulation during occupational activity. *Meditinskaya Tekhnika*. 2001, 35 (3), pp. 166-170. [In Russian]

8. Dogadkina S. B. Age and individual features of adaptive opportunities in preschool and primary school children. *Novye issledovaniya* [New researches]. 2013, 2 (35), pp. 57-65. [In Russian]

9. Irzhak L. I., Dudnikova Ye. A. Heart rate and duration of ECG elements in an adult with physical activity. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaya akademiya nauk*. 2017, 2, pp. 209-216. [In Russian]

10. Kuz'menko V. A. Heart component of orthostatic reaction at different initial heart rate. *Fiziologiya cheloveka*. 1986, 4, p. 684. [In Russian]

11. Markosyan A. A. *Osnovy morfologii i fiziologii organizma detey i podrostkov* [Fundamentals of morphology and physiology of the body of children and adolescents]. Moscow, Meditsina Publ., 1969, 575 p.

12. Onikul E. V., Irzhak L. I. Amplitude and time intervals of electrocardiogram in three-four-year old children during rest and after active orthotest in winter. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 11, pp. 31-35. [In Russian]

13. Pankova N. B. Functional tests for assessing the state of healthy people by heart rate variability. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaya akademiya nauk*. 2013, 6, pp. 682-696. [In Russian]

14. Pokhachevskiy A. L. Studying the variability of heart rhythm during stress testing. *Kardiologiya*. 2010, 1, pp. 29-60. [In Russian]

15. Russkikh N. G., Irzhak L. I. Variability of electrocardiogram elements in response to a mental test in young men aged 18-19. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical Biological Research]. 2018, 6 (1), pp. 35-40. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.1.35. [In Russian]

16. Unguryanu T. N., Grzhibovski A. M. Brief Recommendations on Description, Analysis and Presentation of Data in Scientific Papers. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 5, pp. 55-60. [In Russian]

17. *Fizicheskoye razvitiye detey i podrostkov Rossiyskoy Federatsii: sbornik materialov (vyp. VI)* [Physical development of children and adolescents of the Russian Federation: a collection of materials (issue VI)]. Eds. akad. RAN i RAMN A. A. Baranov, chlen-korr. RAMN V. R. Kuchma. Moscow, Pediatr Publ., 2013, 192 p.

18. Khaspekova N. B. Diagnostic informational content of monitoring of variability of a rhythm of heart. *Internet-zhurnal po funktsional'noy diagnostike* [The Internet magazine on functional diagnostics], 2013, 23, pp. 54-67.

19. Cherepanova E. V. Morphofunctional and psychophysiological development of children aged 6 and 7 and their adaptation to methodic school studies. *Mir nauki, kul'tury i obrazovaniya* [World of science, culture and education]. 2010, 4-1, pp. 288-291. [In Russian]

20. Shlyk N. I. *Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detey, podrostkov i sportsmenov* [Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes]. Izhevsk, Udmurtskiy universitet Publ., 2009, 255 p.

21. Malik M. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*. 1996, 17, pp. 354-381.

22. Noble A., Johnson R., Thomas A., Buss P. *The cardiovascular system*. Edinburgh, London. 2nd ed, 2010, 183 p.

23. Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P., Tompuri T., Veijalainen A., Savonen K. and Lakka T. Normal values for heart rate variability parameters in children 6-8 years of age: the PANIC Study. *Clinical physiology and functional imaging*. 2014, 34 (4), pp. 290-296.

Контактная информация:

Русских Надежда Геннадьевна — аспирант кафедры теоретических и медико-биологических основ физической культуры, старший преподаватель кафедры физической культуры ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина»

Адрес: 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., д. 55
E-mail: rung76@mail.ru; labgip@syktsu.ru