

КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МАКСИМАЛЬНОЙ И СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Р.М. Васильева¹

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Изучалась реакция центральной гемодинамики у детей 9–14 лет в восстановительном периоде после велоэргометрических нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности. После выполнения указанных нагрузок у разных детей выявлены два типа реакции частоты сердечных сокращений (ЧСС). У части детей на 2–3-й мин. восстановительного периода после таких нагрузок происходит снижение ЧСС ниже исходных величин покоя. При этом в период максимального понижения ЧСС у них отмечается увеличение ударного объема крови (УО) выше значений, зарегистрированных в момент окончания работы. У другой части детей такого резкого снижения ЧСС и подъема УО после работы не отмечалось. Обнаружено, что вариант восстановления, при котором ЧСС уменьшается после работы ниже уровня покоя, является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Число детей с таким типом реакции встречается в 9–10 лет почти в два раза чаще, чем в возрасте 13–14 лет.

Ключевые слова: физическая нагрузка, сердечно-сосудистая система, дети.

Reaction of central hemodynamics during recovery after veloergometric exercises of maximal and submaximal intensity was studied in 9–14-year-old children. After the exercise the children showed two types of heart rate (HR) reactions. By the 2nd –3rd second of recovery period, in some children HR decreased below the original values at rest, with the stroke volume (SV) at the moment of the lowest HR exceeding the value registered at the end of the exercise. Other children had no such sharp HR decrease and SV increase after the exercise. The recovery with HR lower than at rest was shown to be an age-related feature of cardio-vascular reaction to exercise. There are almost twice as many children with this type of reaction at the age of 9–10 years than at the age of 13–14.

Key words: exercise, cardiovascular system, children.

Особенности восстановления показателей кровообращения после физических нагрузок широко исследуются в возрастной физиологии человека и в детской спортивной медицине при изучении адаптационных возможностей системы кровообращения и качества ее регулирования. Характер изменений сердечной деятельности в восстановительном периоде позволяет судить о степени утомления, тяжести выполненной работы и является значимым индикатором для адекватного дозирования физических нагрузок и продолжительности необходимого отдыха [7, 11].

Контакты: ¹ Васильева Римма Михайловна, ст. науч. сотр. лаборатории физиологии мышечной деятельности, E-mail:rmv@front.ru

Большое количество работ, посвященных этой теме, позволило выявить целый ряд возрастных закономерностей восстановления гемодинамики после физических нагрузок, различных по величине и длительности. Это касается продолжительности восстановительного периода у детей разного возраста, направленности и скорости изменения различных показателей гемодинамики, гетерохронности достижения ими уровня покоя и ряда других характеристик периода реституции [7, 15].

В литературе описаны различные варианты переходных процессов работы сердца в восстановительном периоде у детей школьного возраста (7–18 лет). Ряд авторов обнаружил, что в одном из вариантов на первых минутах восстановительного периода – после выполнения функциональных проб и стандартизированной физической нагрузки – повысившийся при нагрузке пульс опускается ниже исходного уровня покоя, т.е. восстановление происходит через «отрицательную фазу» [1, 6, 17, 18].

В еще более ранних исследованиях отдельные авторы выявили «отрицательную фазу» пульса (ОФП) после двигательного беспокойства у детей в раннем постнатальном периоде в возрасте до одного года [3].

Однако данные о наличии ОФП в восстановительном периоде не многочисленны. Те немногие авторы, которые наблюдали в своих исследованиях проявление ОФП, до последнего времени расходятся в толковании механизмов возникновения и прогностической значимости этого феномена. Так, одни исследователи [19] расценивают появление «отрицательной фазы» пульса в восстановительном периоде как неблагоприятный признак, указывающий на переутомление. Другие авторы, напротив, такой вариант, при котором происходит быстрое восстановление показателей к исходному уровню покоя через «отрицательную фазу», относят к прогностически благоприятным [17]. На основе данных, полученных при обследовании спортсменов школьного возраста, И.Х. Вахитов [6] приходит к выводу, что снижение ЧСС ниже исходных величин после выполнения мышечной нагрузки является одним из проявлений механизмов формирования брадикардии тренированности.

Относительно изменения УО у детей при физической нагрузке и в восстановительном периоде после нее в литературе также имеются противоречивые данные.

Большинство исследователей отмечает у детей при динамической мышечной работе увеличение ударного объема крови и повышение этого показателя с возрастом и по мере тренированности [4, 14, 22]. Другие авторы не обнаружили существенной разницы в показателях ударного объема крови при выполнении физической нагрузки у обследуемых детей с различным уровнем двигательной активности [23]. Встречаются данные об уменьшении ударного объема крови ниже исходных величин в восстановительном периоде после мышечной работы малой мощности [1, 6, 12].

Таким образом, в настоящее время у исследователей нет единого мнения относительно изменений ЧСС и УО в восстановительный период выполнения физической нагрузки и после нее.

Определение физиологического значения феноменов «отрицательной фазы» частоты сердечных сокращений и ударного объема крови также требуют дополнительных исследований.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования, проведены на базе школ г. Москвы на практически здоровых детях 9–14 лет. Предварительно было получено информированное согласие родителей. Данные были получены в лабораторном эксперименте, в ходе которого обследуемые дети выполняли работу на велоэргометре. В предварительной серии экспериментов для каждого ребенка индивидуально была подобрана максимальная нагрузка, которую он мог удерживать не более 8–10 сек. Все последующие нагрузки задавались в процентах от этой максимальной. В основной серии исследований испытывали нагрузки: 100%, 80%, 70% и 50%. При всех нагрузках дети работали до отказа. За отказ принимали состояние, когда испытуемый не мог удерживать заданную частоту педалирования, снижал темп движений или отказывался от работы.

Перед работой, во время нее и в течение 10 мин. восстановительного периода после нагрузки у обследуемых детей регистрировали следующие показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем (УО) крови, который определяли методом тетраполярной реоплетизмографии. Рассчитывали МОК.

При анализе восстановительного периода оценивали величину «пульсового долга» (ПД), «долга по ударному выбросу» (ДУО) и «долга по МОК», возникающих при выполнении мышечной работы. Величина «долга» рассчитывалась как сумма значений показателя за 5 или 10 мин. восстановления за вычетом уровня данного показателя в покое. В качестве показателя, позволяющего измерять физиологическое напряжение организма при выполнении работы, оценивали величину индекса накопления «пульсового долга» (ИНПД). Значение индекса рассчитывали как отношение величины «долга» ко времени предельной продолжительности работы [9, 10]. Аналогично вычисляли величину индексов накопления «долга» по УО (ИНУО) и «долга» по МОК (ИНМОК).

При анализе полученных данных учитывался возраст, физическое развитие и стадия полового созревания школьников.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У детей 9–14 лет характер восстановительных процессов гемодинамики после физической нагрузки, несмотря на имеющиеся закономерные возрастно-половые и индивидуальные особенности, в значительной мере определяется тем, в какой зоне мощности выполнялась работа, т.е. в первую очередь зависит от характера энергообеспечения [13, 14].

В наших предыдущих исследованиях было показано, что восстановительный период после кратковременных нагрузок максимальной и субмаксимальной (100% и 80%) мощности характеризуется выраженным гетерохронизмом восстановления отдельных показателей гемодинамики: резким снижением частоты сердечных сокращений, с одновременным послерабочим увеличением ударного

объема сердца на первых минутах реституции и постепенным уменьшением МОК к уровню покоя. Другой вариант наблюдается при нагрузках 70% и 50% от максимальной. Он характеризуется однонаправленным снижением частоты сердечных сокращений, ударного и минутного объемов сердца и более длительным (по сравнению с нагрузками максимальной и субмаксимальной мощности) возвращением всех показателей к уровню покоя [5, 11].

При более детальном анализе динамики восстановительного периода после кратковременных нагрузок максимальной и субмаксимальной (100% и 80%) мощности было обнаружено, что у части детей снижение ЧСС в первые минуты после работы происходит настолько резко, что на 2-ой мин. после работы пульс падает у них ниже уровня покоя. Наблюдался так называемый феномен «отрицательной фазы» пульса или «отрицательная фаза» частоты сердечных сокращений (ОФЧСС).

Рассмотрим проявление феномена «отрицательной фазы» пульса на примере девочек 11–12 лет (наполняемость группы 24 человека), у которых ОФЧСС встречалась у половины испытуемых – 52% случаев. Полученные в эксперименте данные сгруппировали таким образом, что одну группу были выделены девочки, имеющие в восстановительном периоде после нагрузки 100% или 80% «отрицательную фазу» пульса. Назовем условно такой вариант восстановления «вариант I». Во вторую группу вошли девочки, у которых после этих нагрузок ЧСС в восстановительном периоде не опускался ниже исходных величин, зарегистрированных перед работой. Такой вариант восстановления условно назовем «вариант II».

Проанализируем, какие еще сходства и различия (кроме показателей гемодинамики) характеризуют девочек с разными вариантами восстановительного периода.

Согласно полученным результатам, у девочек обеих групп протестированные в эксперименте нагрузки по времени выполнения работы до отказа распределились по зонам относительной мощности в классификации В.С. Фарфеля [16], следующим образом:

Нагрузка 100%. Находилась в зоне максимальной относительной мощности, поскольку была подобрана индивидуально для каждого ребенка, так, что он удерживал ее не более 10 сек.

Нагрузка 80% относилась к зоне субмаксимальной относительной мощности. Нагрузка 70% попадала в зону большой мощности, и нагрузка 50% лежала в зоне умеренной мощности.

В Таблице 1 приведены показатели работоспособности у девочек с «отрицательной» и без «отрицательной фазы» пульса после выполнения нагрузки. Как видно из таблицы, у девочек с разными вариантами восстановительного периода не наблюдалось достоверных различий в величине выполняемой нагрузки и времени удержания ее до отказа. Однако можно отметить, что при нагрузках 100% и 80% время работы у девочек с ОФ ЧСС было несколько выше, чем у девочек без ОФ ЧСС. Девочки с первым вариантом восстановления работали при максимальной нагрузке на 16% и при субмаксимальной нагрузке на 22% дольше, чем девочки со II вариантом ($p > 0.05$).

Таблица 1

Показатели работоспособности у девочек с разными вариантами восстановления частоты сердечных сокращений

Нагрузка	Показатели работоспособности	ОФ ЧСС	Без ОФ ЧСС
		М±m	М±m
Нагрузка 100%	время сек	9,7± 0,61	8,4±0,75
	Наг/кг	16,50±0,53	16,59±0,98
Нагрузка 80%	время сек	1,46±0,13	1,19±0,10
	Наг/кг	12,98±0,48	12,51±0,71
Нагрузка 70%	время сек	7,50±0,82	9,17±0,66
	Наг/кг	11,35±0,42	10,84±0,53
Нагрузка 50%	время сек	41,8±2,85	42,50±2,98
	Наг/кг	8,42±0,26	8,09±0,46

Таблица 2

Некоторые соматометрические показатели у девочек с «отрицательной фазой» пульса (ОФ ЧСС) и без «отрицательной фазы» пульса (Без ОФ ЧСС)

Соматометрические показатели	ОФ ЧСС	Без ОФ ЧСС
	М±m	М±m
Возраст	11,05±0,21	11,35±0,18
Вес	36,51±1,86	39,23±1,66
Рост	148,47±2,32	146,45±1,15
СПС	2–4	2–4

В таблице. 2 приведены некоторые соматометрические показатели девочек с ОФ ЧСС и без «отрицательной фазы» пульса в восстановительном периоде. Как видно, дети двух групп (с ОФ ЧСС и без нее) не различались по весу, росту, возрасту и стадии полового созревания (СПС).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕВОЧЕК 11–12 ЛЕТ ПОСЛЕ НАГРУЗКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Подвергнем более подробному анализу динамику изменений показателей кровообращения после нагрузки максимальной мощности у девочек 11–12 лет при разных вариантах восстановления. Полученные результаты представлены в

таблице 3 и на рис. 1–3. Из представленных данных видно, что под влиянием проделанной работы ЧСС у девочек первой группы увеличивалась до $162,8 \pm 3,3$ уд/мин и у девочек второй группы до $164,4 \pm 3,8$ уд/мин, а УО соответственно возрастал до $65,46 \pm 3,94$ и $69,26 \pm 5,31$ мл. Т.е. в момент окончания максимальной нагрузки значения ЧСС, УО, а соответственно и МОК у девочек при обоих вариантах восстановительного периода достоверно не различались.

Однако уже на первой минуте реституции, у девочек двух групп наблюдаются различия в скорости и динамике восстановления этих показателей. При первом варианте восстановительного периода снижение ЧСС у девочек после работы происходит более быстрыми темпами и ко второй минуте восстановительного периода пульс у них опускается почти на 10 уд/мин ниже уровня покоя. Значения ЧСС на 2-ой и 3-ей мин восстановления достоверно ниже исходных величин, зарегистрированных перед работой ($p < 0.05$), т.е. наблюдался феномен «отрицательной фазы пульса».

У девочек другой группы восстановление ЧСС идет более замедленно, чем у девочек с первым вариантом восстановления. Частота сердечных сокращений у них на второй мин. после работы не снижается до уровня покоя, а напротив, превышает эту величину на 10.5 уд/мин. ($p < 0.05$) и колеблется относительно этого уровня до 10 мин реституции. Уже с первой минуты реституции у девочек с разными вариантами восстановления наблюдаются достоверные различия в текущих значениях ЧСС, и эти различия сохраняются до конца наблюдаемого отрезка восстановительного периода.

Выявлены различия в динамике и темпах восстановления УО у девочек двух групп. У девочек с ОФЧСС на первой и второй минутах реституции отмечено отчетливое увеличение УО по сравнению с уровнем, зафиксированным непосредственно в момент окончания работы. Через полторы минуты после окончания работы это увеличение составляет 10.3 мл. ($p < 0.05$). У девочек без ОФЧСС послерабочего увеличения УО не отмечено. Ударный объем у них вплоть до 3 мин восстановления остается на том же уровне, который зафиксирован в момент окончания работы, а затем начинается его постепенное снижение к величине покоя. За счет более высокой ЧСС минутный объем крови на протяжении всего восстановительного периода был выше у девочек без ОФЧСС по сравнению с девочками, у которых наблюдалась ОФЧСС (на 3-ей, 5-ой, 10-ой минутах эти различия достоверны, $p < 0.05$).

После нагрузки субмаксимальной мощности (80% от максимальной) различия в динамике восстановления ЧСС, УО и МОК, у девочек двух групп выражены даже более отчетливо, чем при работе максимальной мощности (Таб. 3; рис. 1–3). При первом варианте восстановления у девочек наблюдается «отрицательная фаза» пульса: ЧСС резко снижается с первой минуты реституции и ко второй минуте становится ниже величины, зарегистрированной в покое.

С середины первой и до конца третьей минуты ЧСС у девочек первой группы достоверно ниже, чем у девочек второй группы. Как и после нагрузки максимальной мощности, у девочек с «отрицательной фазой» пульса четко выражен послерабочий подъем УО, пик которого приходится на период наиболее значительного

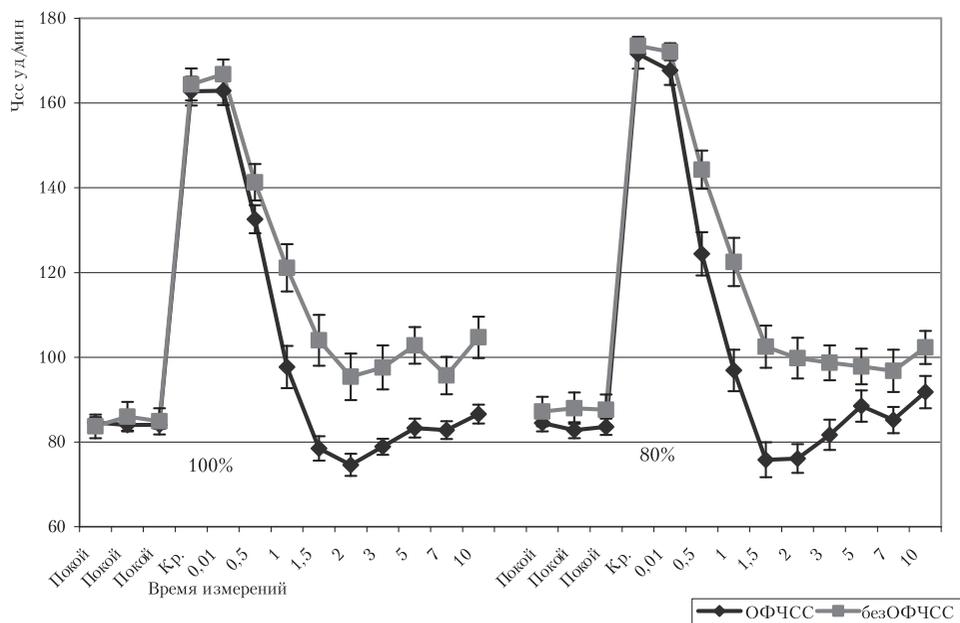


Рис.1 Изменение частоты сердечных сокращений у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

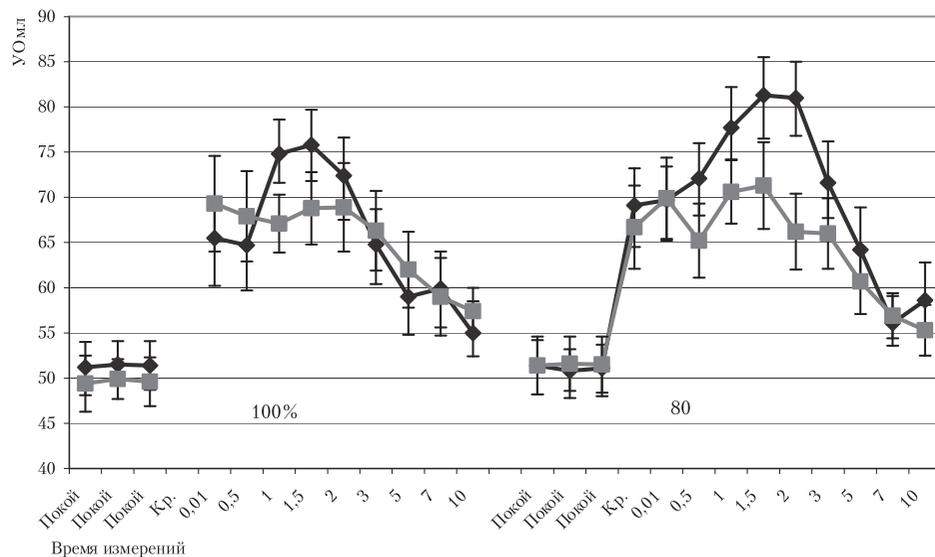


Рис.2. Изменение ударного объема сердца у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

снижения ЧСС. В тот же период времени у девочек без ОФЧСС ударный объем незначительно колеблется примерно на уровне, который зафиксирован в момент окончания работы. Затем начинается его снижение к величине покоя. С первой до пятой минуты восстановления различия в значениях ЧСС и УО у девочек двух групп достоверны ($p < 0.05$). При рассматриваемой нагрузке у девочек с ОФЧСС послерабочий подъем УО выражен более отчетливо, чем при нагрузке максимальной мощности. Это компенсирует снижение ЧСС, и различия в значениях МОК на всем протяжении восстановительного периода у девочек двух групп выражены не так отчетливо, как при нагрузке 100% мощности.

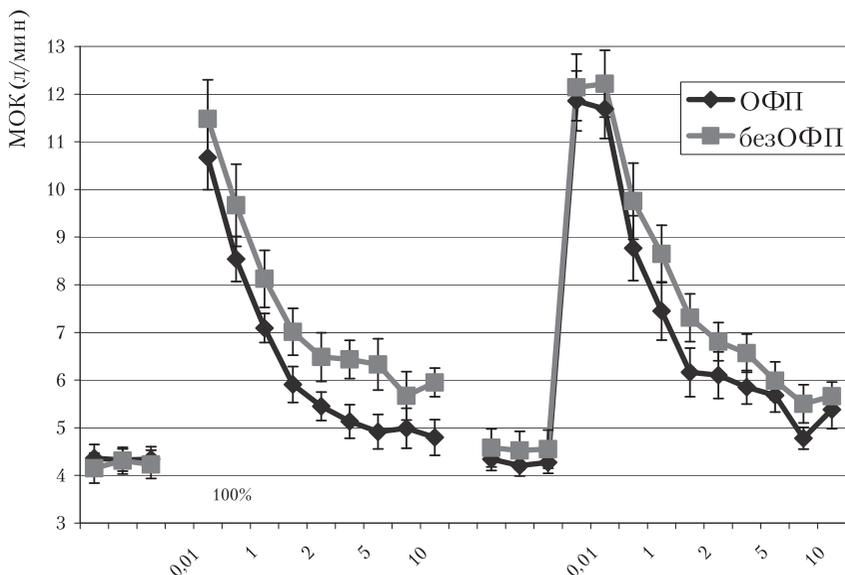


Рис. 3. Изменение минутного объема крови у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок 100% и 80% от максимальной

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕВОЧЕК 11–12 ЛЕТ ПОСЛЕ НАГРУЗОК БОЛЬШОЙ И УМЕРЕННОЙ МОЩНОСТИ

Показатели гемодинамики у девочек 11–12 лет в восстановительном периоде после нагрузок большой и умеренной мощности приведены в таблице 3.

Не рассматривая подробно динамику восстановительных процессов при этих нагрузках, остановимся только на отдельных ключевых моментах. Прежде всего, отметим, что в восстановительном периоде после нагрузок большой и умеренной мощности ни у кого из девочек не наблюдалось уменьшения ЧСС ниже исходных величин покоя, т.е. не выявлено «отрицательной фазы» пульса, не отмечено и послерабочего подъема УО. В обеих группах восстановление показателей идет более медленно, чем при нагрузках максимальной и субмаксимальной мощности.

Ни один из показателей полностью не приходил к норме на 10 мин после работы. Таким образом, при нагрузках большой и умеренной мощности существенных различий в динамике восстановительных процессов и величинах УО, ЧСС и МОК у девочек обеих групп не выявлено.

Таблица 3

Изменение показателей гемодинамики после нагрузок разной мощности у девочек 11–12 лет с разными вариантами восстановления пульса

Нагрузка 100%													
		ЧСС				УО				МОК			
		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС	
		М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m
До раб.		84,2	1,0	84,9	3,0	51,5	2,63	49,9	2,24	4,34	0,2	4,23	0,30
Работа		162,8	3,3	164,4	3,8								
Восст-е	0,01	162,9	3,3	166,8	3,5	65,4	3,9	69,2	5,3	10,67	0,6	11,48	0,82
	0,5	132,5	3,3	141,3	4,31	64,7	3,4	67,8	4,99	8,54	0,4	9,67	0,86
	1	97,7	5,0	121,1	5,6*	74,8	3,6	67,1	3,2	7,09	0,3	8,13	0,60
	1,5	78,5	2,0	104,0	6,0*	75,8	3,8	68,7	3,9	5,91	0,3	7,01	0,49*
	2	74,5	2,5	95,40	5,5*	72,4	4,2	68,9	4,9	5,45	0,3	6,49	0,51
	3	78,9	1,8	97,6	5,2*	64,8	3,8	66,2	4,3	5,13	0,3	6,43	0,40*
	5	83,2	2,1	102,8	4,3*	58,9	3,8	61,9	4,8	4,92	0,3	6,33	0,54*
	7	82,8	2,0	95,6	4,3*	59,8	4,2	59,0	4,3	4,99	0,4	5,67	0,51
10	86,5	2,2	104,7	4,9*	54,98	3,4	57,3	2,6	4,80	0,3	5,95	0,30*	
Нагрузка 80%													
		ЧСС				УО				МОК			
		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС	
		М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m
До раб.		84,6	1,9	87,2	3,6	51,1	2,6	52,0	3,1	4,27	0,2	4,55	0,4
Работа		171,6	3,5	173,5	2,1	69,01	4,1	69,99	4,6	11,86	0,6	12,14	0,7
Восст-е	0,01	167,5	3,4	172,1	2,0	69,7	3,7	71,00	4,5	11,67	0,6	12,22	0,7
	0,5	124,4	5,1	144,3	4,5*	70,5	3,9	67,6	4,1	8,77	0,6	9,75	0,8
	1	95,9	4,9	122,5	5,7*	77,7	4,5	70,6	3,5	7,45	0,6	8,65	0,6
	1,5	75,8	3,5	102,5	5,0*	81,3	4,2	71,3	4,8	6,16	0,5	7,31	0,5
	2	76,1	3,3	99,8	4,8*	80,2	4	68,2	4,2*	6,10	0,4	6,81	0,4
	3	81,7	3,6	98,7	4,1*	71,6	4,6	66,5	3,9	5,85	0,3	6,56	0,4
	5	88,5	3,7	97,8	4,2	64,2	4,7	61,2	3,6	5,68	0,3	5,99	0,4
	7	85,2	3,1	96,8	4,4*	56,1	3	56,85	2,5	4,78	0,2	5,50	0,4
10	91,8	3,7	102,3	3,9	58,6	4,2	55,33	2,8	5,38	0,4	5,66	0,3	

Нагрузка 70%													
	ЧСС				УО				МОК				
	ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		
	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	
До раб.	86,5	2,1	87,8	3,2	50,2	3	50,8	2,6	4,39	0,3	4,53	0,3	
Работа	174,7	3,6	173,3	3,2	68,4	2,8	70,4	4,3	11,85	0,4	12,29	0,9	
Восст-е	0,01	166,2	4,6	168,8	3,6	64,5	2,6	68,0	4,1	10,72	0,6	11,49	0,8
	0,5	134,1	4,8	142,7	3,8	60,0	3,1	62,7	3,5	8,05	0,5	8,94	0,7
	1	117,3	4,0	130,9	4,2	60,9	3	58,8	3,7	7,15	0,3	7,70	0,7
	1,5	110,4	4,2	120,8	3,7	60,9	4	57,9	3,9	6,73	0,4	7,00	0,6
	2	105,2	2,8	111,1	3,5	59,6	3,7	58,3	4,8	6,26	0,3	6,47	0,6
	3	106,0	2,3	110,3	3	57,5	3,8	56,5	4,7	6,10	0,4	6,23	0,6
	5	102,7	2,6	109,0	3	54,6	3,3	53,9	3,6	5,61	0,3	5,87	0,5
	7	99,2	2,3	106,5	2,5	51,0	3,7	47,1	3,5	5,06	0,3	5,02	0,4
	10	99,1	2,1	102,8	3,5	48,8	3,2	51,2	3,3	4,84	0,3	5,27	0,4
Нагрузка 50%													
	ЧСС				УО				МОК				
	ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		ОФЧСС		Без ОФЧСС		
	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	
До раб.	87,6	2,5	88,6	3,5	49,2	2,9	50,4	3	4,32	0,2	4,49	0,4	
Работа	131,1	1,7	138,6	3,2	74,3	4	71,4	4,5	9,74	0,5	9,90	0,6	
Восст-е	0,01	122,5	2,7	135,8	3,6	70,4	3,7	69,8	4,5	8,63	0,5	9,47	0,5
	0,5	103,7	1,7	114,6	4,9	68,0	3,5	65,3	3,8	7,05	0,3	7,48	0,5
	1	95,2	2,9	108,5	6,3	65,7	2,6	61,2	3,5	6,26	0,3	6,64	0,4
	1,5	96,0	2,7	104,0	5,2	60,6	2,6	59,7	2,5	5,82	0,3	6,21	0,3
	2	92,9	3,1	102,4	5,2	60,0	3,2	57,1	3,0	5,57	0,3	5,89	0,3
	3	94,3	2,9	104,0	3,8	59,7	3,1	57,8	3,8	5,63	0,3	6,01	0,4
	5	94,0	2,7	102,5	3,6	58,4	3,6	57,2	2,9	5,49	0,3	5,87	0,3
	7	90,0	2,1	99,5	3,5	55,6	3,2	56,1	4,4	5,00	0,2	5,58	0,4
	10	90,8	2,3	101,4	2,7	55,3	3,0	55,9	4,0	5,02	0,2	5,67	0,3

Примечания:* – достоверные различия соответствующих показателей у девочек с разной динамикой восстановительного периода

На основе анализа изменений ЧСС в восстановительном периоде после мышечной работы разработан ряд проб и тестов, для определения функциональных возможностей организма, как взрослого человека, так и ребенка (проба Руфье, проба Летунова, Гарвадский степ-тест и др.) [2, 8, 16]. Относительно новым и перспективным является метод оценки физической работоспособности

детей и подростков на основе измерения интенсивности накопления пульсового долга (ИНПД) во время мышечной работы. Этот показатель используется для оценки функциональных возможностей организма при выполнении дозированной нагрузки анаэробного и смешанного характера [9, 10].

Интересно было сравнить ИНПД у девочек с «отрицательной фазой» пульса и без ОФЧСС в восстановительном периоде, а также оценить, как различия в динамике восстановления отражаются на величине ИНПД и насколько этот индекс отражает «физиологическую стоимость работы» у детей с разными вариантами восстановительного периода.

С этой целью рассчитывали «долги», которые образовались у девочек при выполнении мышечной работы. Оценивали величину «пульсового долга» (ПД), «долга по ударному выбросу» (ДУО) и «долга по МОК».

В результате оказалось, что как при максимальной, так и при субмаксимальной нагрузке, девочки, у которых в восстановительном периоде отмечена «отрицательная фаза» пульса, имели более низкий ПД, по сравнению с теми испытуемыми, у которых падения ЧСС ниже уровня покоя не происходило. Различия достоверны ($p < 0.01$).

Как уже говорилось выше, именно те девочки, у которых восстановление пульса после работы шло через «отрицательную фазу», могли удерживать нагрузку 100 и 80% до отказа несколько дольше тех, у которых такого снижения ЧСС не наблюдалось.

В результате при обеих нагрузках ИНПД оказался в несколько раз ниже у девочек с «отрицательной фазой» пульса по сравнению с девочками, у которых такого феномена в восстановительном периоде не отмечено (Табл. 4, Рис. 4–5). Так, у девочек с «отрицательной фазой» пульса ИНПД, рассчитанный за 5 мин восстановления, в три с лишним раза, а за 10 мин восстановления в 5,2 раза меньше, чем у девочек с менее выраженным снижением ЧСС после работы (Табл. 4, рис. 4).

Таблица 4

Частота встречаемости «отрицательной фазы пульса» (ОФЧСС) у детей 9–14 лет при нагрузках максимальной и субмаксимальной мощности

Пол	Возраст	Кол-во выполненных нагрузок	Число проявлений ОФЧСС	Число проявлений ОФЧСС от общего числа нагрузок (в %)
Мальчики	9–10	18	14	81
	11–12	30	23	77
	13–14	33	9	27
Девочки	9–10	16	9	56
	11–12	44	23	52
	13–14	18	6	33

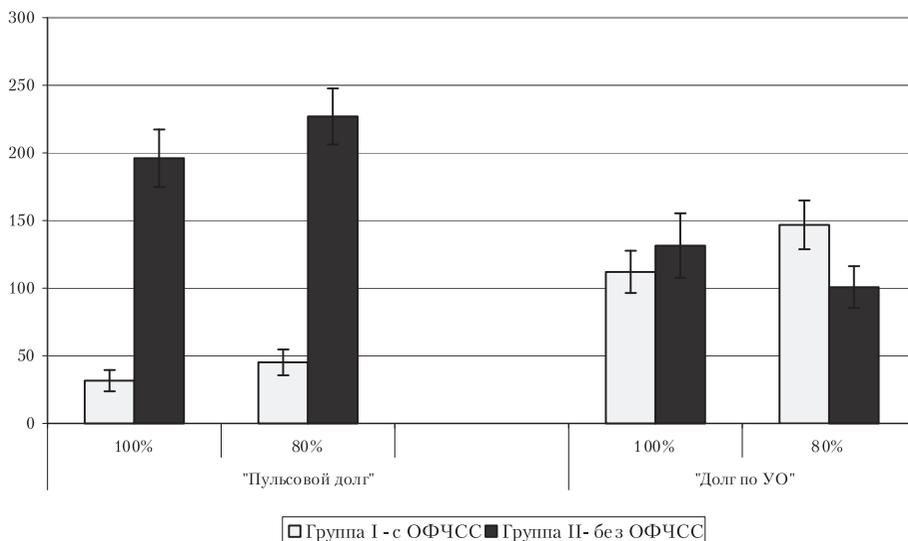


Рис.4 Величина пульсового «долга» и «долга» по ударному выбросу у девочек с разной динамикой восстановительных процессов

При максимальной и при субмаксимальной нагрузке «долги» по УО и интенсивность нарастания этого «долга» в период работы у девочек с разной динамикой восстановительного периода достоверно не различались.

У девочек без «отрицательной фазой» пульса за счет более высокой частоты сердечных сокращений МОК на протяжении всего восстановительного периода был выше, чем у девочек с ОФЧСС. В результате при обеих нагрузках у первых из них достоверно выше оказался и «долг» МОК ($p < 0.05$). У тех же девочек более высокой была и интенсивность нарастания в период работы «долга» МОК. (Табл. 5, Рис. 5).

Таким образом, мы видим, что во время работы у девочек без «отрицательной фазы» пульса накопился больший долг по кровотоку. Интенсивность его нарастания в период работы также была выше, чем у девочек с «отрицательной фазой» ЧСС. Образовавшийся у девочек без ОФЧСС «долг» не компенсировался за 10 мин реституции, поскольку ни ЧСС, ни МОК не приходили у них к уровню покоя до конца наблюдаемого восстановительного периода.

Исходя из полученных результатов можно предположить, что большее напряжение при работе испытывает организм тех девочек, у которых в восстановительном периоде «отрицательная фаза» пульса не появляется.

В литературе показано, что восстановление ЧСС и параметров, характеризующих силу сердечных сокращений, к исходным величинам покоя через «отрицательную фазу», является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Такой вариант восстановления особенно часто (в 65,8% случаев) встречался у мальчиков в младшем школьном возрасте и практически совсем отсутствовал у юношей в 16–18 лет [17, 18].

Величина гемодинамического долга и интенсивность его нарастания у девочек
11–12 лет при нагрузках разной интенсивности

«Долги» за 10 мин. восстановления						
	Пульсовый долг		Долг по УО		Долг по МОК	
Нагрузка	100%	80%	100%	80%	100%	80%
ОФ ЧСС	31,6	45,1	112,0	146,8	11,3	16,1
безОФЧСС	196,1	226,9	131,5	100,8	19,6	18,2
Интенсивность нарастания долга						
	ИНПД		Инт. нараст. долга УО		Инт. нараст. долга МОК	
Нагрузка	100%	80%	100%	80%	100%	80%
ОФ ЧСС	3,35	0,71	13,14	3,69	1,19	0,18
безОФЧСС	17,60	3,01	15,10	2,21	2,37	0,26

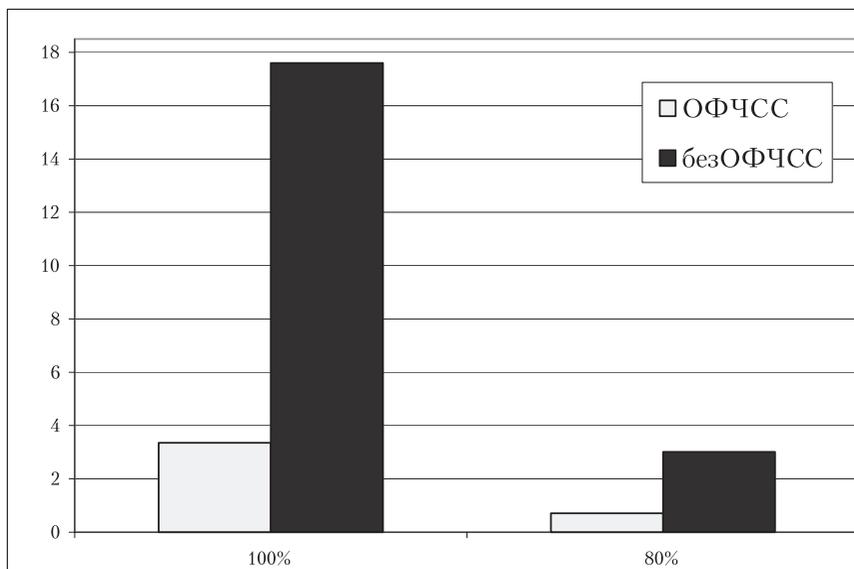


Рис. 5. Индекс нарастания «пульсового долга» у девочек с разной динамикой восстановительного процесса

Поскольку нами проведены исследования на детях школьного возраста от 9 до 14 лет, мы располагаем собственными данными, которые позволяют проследить возрастную динамику переходных процессов ЧСС в восстановительном периоде после физических нагрузок.

Выявлено, что в разных возрастно-половых группах число детей, у которых хотя бы при одной из двух нагрузок 100% или 80% наблюдалась «отрицательная фаза» пульса неодинаково (Табл. 3). Так, в возрасте 9–10 лет у девочек феномен «отрицательной фазы» пульса наблюдался в 56% от общего числа испытанных нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности. У мальчиков того же возраста – в 81% случаев. В 11–12 лет ОФЧСС была выявлена у девочек в 52% случаев и у мальчиков в 77% случаев.

К 13–14 годам снижение ЧСС в восстановительном периоде ниже дорабочего уровня встречалось намного реже. К 13–14 годам частота встречаемости «отрицательной фазы» пульса, как у девочек, так и у мальчиков снижалась. В этом возрасте зафиксировано всего 33% случаев у девочек и 27% случаев у мальчиков, когда ЧСС в восстановительном периоде опускалась ниже уровня покоя.

Таким образом, мы видим, что вариант восстановления через «отрицательную фазу» с разной частотой встречаются у детей разного возраста, и число детей с таким вариантом восстановления уменьшается в период от 9 до 14 лет.

Направленность переходных процессов в восстановительном периоде зависит от состояния механизмов регуляции функций сердечно-сосудистой системы.

Поскольку «отрицательная фаза» пульса более четко выражена в возрастном периоде, когда происходит становление аэробно-анаэробных механизмов, обеспечивающих мышечную деятельность, а также формирование симпатических и парасимпатических влияний на сердце, можно допустить, что этот феномен отражает сложные, меняющиеся в процессе возрастного развития организма взаимоотношения различных механизмов регуляции функций сердечно-сосудистой системы при физической работе и после нее.

Можно также предположить, что снижение частоты сердечных сокращений ниже исходных величин после выполнения мышечной нагрузки способствует формированию более рациональной реакции на нагрузку за счет более высокого УО при более низкой ЧСС.

Таким образом, феномен уменьшения ЧСС после выполнения мышечной нагрузки по типу «отрицательной фазы» пульса требует дальнейшего исследования и установления его физиологического смысла.

ВЫВОДЫ

1. У детей 9–14 лет в ответ на физические нагрузки с различным энергообеспечением установлены отличия в кинетике восстановления показателей центральной гемодинамики в зависимости от мощности выполненной работы.

2. При исследовании периода реституции после нагрузок максимальной и субмаксимальной мощности выявлено два типа восстановления гемодинамических показателей: У части детей обнаружено снижение ЧСС ниже исходных величин покоя, т.е. «отрицательная фаза» частоты сердечных сокращений, которая наблюдается на первой – третьей минутах восстановительного периода. В этот же период (одновременно с этим) у этих детей отмечается увеличение УО выше величин, зафиксированных в работе и в момент ее окончания. У другой части детей уменьшения ЧСС ниже величин, зарегистрированных перед работой, и

послерабочего подъема УО не происходит, а наблюдается постепенное снижение этих показателей к уровню покоя.

3. У девочек, имевших «отрицательную фазу» пульса в восстановительном периоде после нагрузок 100 и 80% от максимальной, выявлен более низкий пульсовой «долг», «долг» МОК, более низкий ИНПД и ИН МОК, по сравнению с девочками, у которых «отрицательная фаза» пульса в восстановительном периоде не проявлялась.

4. При нагрузках большой и умеренной мощности существенных различий в динамике восстановительных процессов и величинах УО, ЧСС и МОК у девочек обеих групп не выявлено. Ни в одной из исследованных групп вариант переходных процессов с «отрицательной фазой» пульса при нагрузках большой и умеренной мощности не наблюдался.

5. Вариант восстановления, при котором ЧСС возвращаются к исходным величинам покоя через «отрицательную фазу», является возрастной особенностью реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Такой феномен у детей 9–10 лет встречается почти в два раза чаще по сравнению с детьми 13–14 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абзалов Р.А., Нигматуллина Р.Р. Изменение показателей насосной функции сердца у спортсменов и неспортсменов при выполнении мышечных нагрузок повышающейся мощности // Теория и практика физической культуры. – 1999. – №8. – С. 24–26

2. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.

3. Бирюкович А.А. Биоритмы сердечной деятельности и дыхания в онтогенезе человека: с Автореф. дис.. докт. биол. наук. М., 1973. – 36 с.

4. Ванюшин Ю.С., Ситдииков Ф.Г. Адаптация сердечной деятельности подростков к нагрузке повышающейся мощности // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – №2. – С. 91–97. 3.

5. Васильева Р.М., состояние центральной гемодинамики у детей школьного возраста при выполнении физических нагрузок разной мощности. В кн. Нормирование нагрузок в физическом воспитании школьников // Под ред. Л.Е. Любомирского. – М.: Педагогика, 1989. – с. 39–58

6. Вахитов И. Х. Насосная функция сердца в зависимости от возраста приобщения к мышечным тренировкам. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Казань, 2005, 45 С.

7. Данько Ю.И., Тихвинский С.Б. Возрастная физиология мышечной деятельности // Детская спортивная медицина / Под ред. Тихвинского С.Б., Хрущева С.В. М.: Медицина, 1991. 560 с.

8. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.

9. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В., Васильева Р.М. и др. Возрастное развитие скелетных мышц и физической работоспособности // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. М., 2000. С. 209.

10. Король В.М., Сонькин В.Д., Ратушная Л.И. Мышечная работоспособность и частота сердечных сокращений у подростков в зависимости от уровня полового созревания // Теория и практика физической культуры. – №8 – 1985 – С. 27.

11. Любомирский Л.Е., Васильева Р.М., Букреева Д.П., Исследование функций двигательной системы и центрального кровообращения у девочек 9–14 лет с разным уровнем физической тренированности // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. – №3. – С. 113–120

12. Нигматуллина Р. Р. Насосная функция сердца развивающегося организма и ее регуляция при мышечных тренировках: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Казань, 1999. – 41 с.

13. Сонькин В.Д. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности школьников: Автореф. дис.... докт. биол. наук. М., 1990. 50 с.

14. Сонькин В.Д., Р.М.Васильева, Д.П.Букреева., Динамика функционального состояния двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы в процессе работы разной интенсивности у девочек 9–14 лет. // Новые исследования. №1(4). 2003. с. 208–218.

15. Тихвинский С. Б., Бобко Я.Н. Определение, методы исследования и оценка физической работоспособности детей и подростков // Детская спортивная медицина.// Под ред. Тихвинского С.Б., Хрущева С.В – М.: Медицина, 1991. – С. 259–288.

16. Фарфель В.С. Физиологические основы классификации физических упражнений // Физиология мышечной деятельности труда и спорта. – Л., 1969. – С. 425–439.

17. Филеши П. А. Возрастные особенности некоторых функциональных характеристик сердечной деятельности современных школьников (мальчики 7–18 лет). Автореф. дисс. ... канд. наук мед. наук. Москва, 1978, 20 С.

18. Филеши П. А., Пачева Т. В. Возрастно-половые особенности переходных процессов параметров сердечной деятельности после стандартной физической нагрузки у школьников 7–18 лет // Возрастные функциональные особенности сердца при физических нагрузках. – Ставрополь, 1979. – Вып. 3. – С. 37–44.

19. Хрущев С.В. Врачебный контроль за физическим воспитанием школьников. – М., 1980. – 203 с. 224 с

20. Astrand P.-O. Aerobic work capacity in men and women with special references to age // Acta Physiol. Scand. – 1960. – 49. – Suppl. №169. – P. 88–92.

21. Astrand P.-O., Rodahl K. Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill Co, 1986. – 691 p. P. 669

22. Driscoli D.S. Cardiovascular Evolution of the Children and Adolescent before Participation in Sports // Mayo Clin. Proc. – 1985. – V. 60. – №12. – P. 867–873.

23. Weymans M., Reybrouck T. Habitual level of physical activity and cardiorespiratory endurance capacity in children // Eur. J. Appl Physiol. and Occup. Physiol. – 1989. – 58, №8. – P. 803–807.