

Article/Original paper

FEATURES OF CHANGES IN METABOLIC PARAMETERS AND DNA METHYLATION IN CHILDREN AGED 7-10 YEARS ENGAGED IN SWIMMING

S.V.Babich¹  V.A.Aleynik² 

1. Andijan State Pedagogical Institute, Andijan, Uzbekistan.

2. Andijan Branch of the Institute of Immunology and Human Genomics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Andijan State Medical Institute, Andijan, Uzbekistan.

Abstract.

Relevance. Many studies conducted with athletes do not take into account the features of adaptive changes in metabolism. This leads to ambiguity and contradictory data on many indicators in response to a single physical load. This applies to the energy substrates used, hormonal background, changes in carbohydrate and lipid metabolism. Many studies conducted with athletes do not take into account the features of adaptive changes in metabolism. This leads to ambiguity and contradictory data on many indicators in response to a single physical load. This applies to the energy substrates used, hormonal background, changes in carbohydrate and lipid metabolism. Some metabolites, such as lactate, can directly regulate the activity of epigenetic modification enzymes. **The aim of the study:** to study the features of changes in metabolic indicators and epigenetic DNA methylation in children aged 7-10 years involved in swimming. **Material and methods.** The study involved 30 children aged 7-10 years, who were divided into 3 groups. Group 1 included 10 children aged 7-10 years, who were not involved in any kind of sports - control. Group 2 included 10 children aged 7-10 years, who had been swimming for 1 year. Group 3 included 10 children aged 7-10 years, who had been swimming for 3 years. Lipids, DNA methyl-transferase 1 and 5-methyl-2'-deoxycytidine content were determined by ELISA, glucose and lactic acid - on a biochemical autoanalyzer from Mindray (China) using standard kits. Statistical data processing was performed using Microsoft Office Excel 2010 by the method of variation statistics with calculation of arithmetic means and their errors ($M \pm m$). The statistical significance of differences in independent samples with normal distribution was assessed using the Student t-test. Differences were considered significant at $p < 0.05$. **Study results.** The indicators characterizing metabolic processes and DNA methylation were studied in children aged 7-10 years, obtained during regular training and at peak loads during preparation for competitions. The results obtained allowed us to draw the following conclusion. After 1 year of training, in children was observed a significant decrease in total cholesterol, triglycerides, VLDL and non-significant LDL, as well as a significant increase in HDL, glucose and lactic acid. At the same time, children after 3 years of training showed a significant decrease in total cholesterol, triglycerides, LDL and VLDL, as well as a significant increase in HDL compared with similar results in children who do not play sports. There was also a significant decrease in glucose and lactic acid levels relative to children who were engaged in swimming for 1 year. A significant decrease in the activity of DNA methyl transferase 1 and the 5-methyl-2'-deoxycytidine index was revealed after 1 year and more pronounced after 3 years of training at the peak of the training regime relative to the usual training process. **Conclusion.** The presented changes in children aged 7-10 years are probably associated with a shift in metabolic processes towards increased catabolism in order to adapt to increased physical exertion and the duration of the training process.

Key words: physical exercise, adaptation, blood glucose, blood lactic acid, lipid profile, DNA methylation, DNA methyltransferase 1, 5-methyl-2'-deoxycytidine.

Актуальность проблемы. Физическая тренировка разной степени определяет характерные изменения в основных системах организма. Известно, что высокие нагрузки ограничивают пропускание углеводов, тогда как длительные малоинтенсивные нагрузки требуют значитель-

ного обеспечения устойчивости к энергетическим затратам. Подробно изучались определение по энергозатратам и определение специфики их использования при физических тренировках. Однако недостаточно четко выделены показатели, отражающие структурный след адаптации, который формируется в зависимости от биоэнергетического режима организационного процесса [4, 6]. Несмотря на известный факт, что организм спортсмена отличается от организма нетренированного человека не только реакцией на физическую нагрузку, но и в состоянии покоя, эта проблема привлекает мало внимания. Многие исследования, проводимые со спортсменами, не учитывают особенностей адаптивных изменений в метаболизме. Это приводит к неоднозначности и противоречивости данных по многим показателям в ответ на однократную физическую нагрузку. Это относится к используемым энергетическим субстратам, гормональному фону, изменениям в углеводном и липидном обменах [5].

Недавние исследования показали, что эпигенетические механизмы, такие как метилирование ДНК, модификации гистонов и экспрессия микроРНК, участвуют в адаптивных реакциях, вызванных физическими упражнениями. Процессы метилирования ДНК, модификации гистонов и микроРНК, рассматриваются как влияние физических упражнений на эти эпигенетические регуляторные механизмы [3].

Сигнальные пути, активируемые физическими упражнениями, контролируют активность эпигенетических модифицирующих ферментов, обеспечивая специфичность транскрипционного ответа, вызванного физическими упражнениями [2]. Воздействие через метаболические пути может влиять на эпигенетику напрямую, модулируя доступность метаболических промежуточных продуктов, которые требуются для эпигенетических меток, таких как ацетил-КоА для ацетилирования и S-аденозил-L-метионин для метилирования [6]. Кроме того, некоторые метаболиты, такие как лактат, могут напрямую регулировать активность ферментов эпигенетической модификации. Имеются данные, свидетельствующие о том, что эпигенетические модификации могут опосредовать передачу влияния физических упражнений и диеты на физиологию из поколения в поколение [1].

Цель исследования: изучить особенности изменения метаболических показателей и эпигенетического метилирования ДНК у детей 7-10 лет, занимающихся плаванием.

Материал и методы. В работе были обследованы 30 детей 7-10 лет, которые были разделены на 3 группы. В 1 группу вошли 10 детей 7-10 лет, не имеющих регулярных физических нагрузок. Во 2 группу вошли 10 детей 7-10 лет, занимающиеся плаванием, в течение 1 года. В 3 группу вошли 10 детей 7-10 лет, занимающиеся плаванием в течении 3 лет. Для участия в исследовании у детей и их родителей были взяты письменные согласия. У детей, не имеющих регулярных физических нагрузок, забор крови для исследования делали 1 раз. У детей 2 и 3 групп забор крови делали дважды - в обычный тренировочный период и на пике подготовки к соревнованиям. В сыворотке крови определяли биохимическим методом показатели липидного обмена: общий холестерин (ХС), триглицериды (ТГ), холестерин - липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), холестерин - липопротеидов низкой и очень низкой плотности (ЛПНП и ЛПОНП). А также глюкозу и молочную кислоту с использованием стандартных наборов тест-систем (Human, Германия).

Метилирование происходит в позиции С5 молекулы 2'-дезоксцитидина с образованием метилированного основания 5-метил-2'-дезоксцитидина. Поэтому изменения уровня метилирования ДНК могут быть определены количественно по концентрации 5-метил-2'-дезоксцитидина. В связи, с чем изменения уровня метилирования ДНК в супернатанте отмытых лизированных лизирующим буфером лейкоцитов, выделенных в фекол-верографине, определяли по концентрации 5-метил-2'-дезоксцитидина, используя метод ИФА (стандартный набор ВСМ Diagnostics, США). Активность ДНК-метилтрансферазы 1 определяли также в супернатанте отмытых лизированных лимфоцитов, выделенных в фекол-верографине, с использованием ИФА набора для определения (cytosine-5)-methyltransferase 1 (DNMT1) (стандартный набор Human, Германия). У всех детей и их родителей было получено письменное согласие на участие в исследовании. Статистическая обработка данных была выполнена с использованием Microsoft Office Excel 2010 методом вариационной статистики с вычислением средних ариф-

метических и их ошибок ($M \pm m$). Статистическая значимость различий независимых выборок с нормальным распределением оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что показатель общего холестерина в сыворотке крови у детей 7-10 лет, не имеющих регулярных физических нагрузок, составлял $3,5 \pm 0,31$ ммоль/л. В тоже время размер этого показателя у детей 1 группы, занимавшихся плаванием в течение 1 года, в обычном тренировочном процессе равнялся $2,7 \pm 0,24$ ммоль/л, что относительно результатов детей 1 группы было не достоверно ниже. У детей 3 группы, 3 года занимающихся плаванием, этот показатель был равен $2,3 \pm 0,19$ ммоль/л и находился достоверно ниже, чем аналогичные значения общего холестерина детей 1 и 2 групп. У детей 2 группы, занимавшихся в течение 1 года плаванием, в период пика нагрузок уровень общего холестерина составлял $2,5 \pm 0,21$ ммоль/л, эта величина была достоверно ниже подобных результатов детей 1 группы и недостоверно меньше аналогичных показателей детей этой группы в период обычного тренировочного процесса. Результат детей 3 группы на пике тренировок находился на уровне $2,0 \pm 0,16$ ммоль/л, и был достоверно меньше показателей общего холестерина детей 1 группы, и недостоверно группы детей, занимавшихся плаванием 1 год, а также недостоверно ниже показателей детей этой группы в период обычных тренировок (Табл.).

Таблица-1

Изменение в сыворотке крови показателей липидного и углеводного обмена, молочной кислоты, а также ДНК метил-трансферазы 1 и показателя 5-метил-2'-дез-оксидитидина в лизированных лейкоцитах у детей 7-10 лет обследованных групп

Исследуемые показатели	Этапы тренировок	Дети не занимавшиеся спортом	Дети, 1 год занимавшиеся плаванием	Дети, 3 года занимавшиеся плаванием
Общий холестерин ммоль/л	обычный режим	$3,5 \pm 0,31$	$2,7 \pm 0,24$	$2,3 \pm 0,19$ *
	пик		$2,5 \pm 0,21^*$	$2,0 \pm 0,16$ *
Триглицериды ммоль/л	обычный режим	$1,4 \pm 0,12$	$1,2 \pm 0,11$	$1,1 \pm 0,08$ *
	пик		$1,0 \pm 0,08^*$	$0,9 \pm 0,07^*$
ЛПВП ммоль/л	обычный режим	$1,2 \pm 0,10$	$1,5 \pm 0,13$	$1,7 \pm 0,15^*$
	пик		$1,6 \pm 0,14^*$	$1,9 \pm 0,16^*$
ЛПНП ммоль/л	обычный режим	$2,9 \pm 0,25$	$2,5 \pm 0,22$	$2,2 \pm 0,19^*$
	пик		$2,3 \pm 0,20$	$2,1 \pm 0,18^*$
ЛПОНП ммоль/л	обычный режим	$0,8 \pm 0,07$	$0,6 \pm 0,05^*$	$0,5 \pm 0,04$ *
	пик		$0,4 \pm 0,03^*$	$0,3 \pm 0,02$ *
Глюкоза ммоль/л	обычный режим	$4,9 \pm 0,43$	$6,2 \pm 0,57$	$3,1 \pm 0,28^*$ о
	пик		$6,8 \pm 0,65^*$	$3,5 \pm 0,32^*$ о
Молочная кислота ммоль/л	обычный режим	280 ± 24	$390 \pm 35^*$	290 ± 26 о
	пик		$410 \pm 38^*$	300 ± 28 о
ДНК-метил-трансфераза 1 нМ/мл	обычный режим	$25,3 \pm 2,1$	$22,3 \pm 1,8$	$17,8 \pm 1,5$ *
	пик		$19,2 \pm 1,5^*$	$16,3 \pm 1,3$ *
5-метил-2'-дез-оксидитидина нг/мл	обычный режим	$69 \pm 6,5$	$54 \pm 4,9$	$48 \pm 4,2$ *
	пик		$45 \pm 4,1$ *	$37 \pm 3,4$ *

Примечание: * - достоверно отличающиеся величины к показателям детей, не имеющих регулярных физических нагрузок.

о - достоверно отличающиеся величины к показателям детей, занимающихся плаванием в течение 1 года.

По результатам исследования триглицеридов у детей, не имеющих регулярных физических нагрузок, было обнаружено, что данный показатель в сыворотке крови, составлял $1,4 \pm 0,12$

ммоль/л. В группе детей, занимавшихся в течение 1 года плаванием, в период обычного тренировочного процесса, величина этого показателя составляла $1,2 \pm 0,11$ ммоль/л, и была достоверно ниже результатов детей, не имеющих регулярных физических нагрузок. При этом показатель триглицеридов у детей 3 группы, занимавшихся 3 года плаванием, в период обычного тренировочного процесса составлял $1,1 \pm 0,08$ ммоль/л и был достоверно меньше результатов детей, 1 группы, а также не достоверно меньше показателей триглицеридов детей, занимавшихся плаванием в течение 1 года. Помимо этого, у детей 2 группы, на пике тренировочного процесса, величина этого показателя была равна $1,0 \pm 0,08$ ммоль/л, данный результат находился достоверно ниже показателя детей, не имеющих регулярных физических нагрузок, и недостоверно ниже показателей этой же группы, в период обычных тренировок. Вместе с тем, показатель детей 3 группы, на пике тренировочного процесса, составлял $0,9 \pm 0,07$ ммоль/л и находился достоверно ниже подобных результатов детей 1 группы. Также этот показатель был недостоверно ниже по отношению к результатам триглицеридов детей, занимавшихся 1 год плаванием, и результатов детей этой же группы в период обычных тренировок (Табл.).

Из полученных результатов исследования ЛПВП у детей, не имеющих регулярных физических нагрузок, было установлено, что данный показатель находился на уровне $1,2 \pm 0,10$ ммоль/л. Этот показатель у детей, в течение 1 года занимавшихся плаванием, в период обычного тренировочного процесса составлял $1,5 \pm 0,13$ ммоль/л, и был недостоверно больше результатов ЛПВП детей 1 группы. В тоже время в группе детей, занимавшихся 4 года плаванием, в период обычного тренировочного процесса показатель ЛПВП был равен $1,7 \pm 0,15$ ммоль/л и был достоверно больше, значений этого показателя у детей 1 группы. Вместе с тем у детей 2 группы на пике тренировок величина ЛПВП находилась на уровне $1,6 \pm 0,14$ ммоль/л, что было достоверно выше результатов детей 1 группы и несущественно больше показателей детей этой группы в период обычного тренировочного процесса. Помимо этого, показатель ЛПВП детей 3 группы в период пиковых нагрузок составлял $1,9 \pm 0,16$ ммоль/л, что было достоверно выше аналогичных результатов ЛПВП детей контрольной группы, а также недостоверно ниже относительно показателей ЛПВП детей 2 группы и аналогичных данных детей этой группы на этапе обычных тренировок (Табл.).

При исследовании показателей ЛПНП у детей 2 группы в период обычного тренировочного процесса величина данного показателя была равна $2,5 \pm 0,22$ ммоль/л. Данный результат был недостоверно ниже показателя ($2,9 \pm 0,25$ ммоль/л) детей, не имеющих регулярных физических нагрузок. В группе детей, занимавшихся 3 года плаванием, в период обычного тренировочного процесса показатель ЛПНП составлял $2,2 \pm 0,19$ ммоль/л, что было достоверно меньше, результата детей, не имеющих регулярных физических нагрузок. Вместе с тем у детей 2 группы показатель ЛПНП на пике тренировок имел величину равную $2,3 \pm 0,20$ ммоль/л, и недостоверно ниже результата детей контрольной группы, а также незначительно меньше подобных показателей детей этой же группы в период обычных тренировок. При этом, величина ЛПНП детей 3 группы на пике тренировок находилась на уровне $2,1 \pm 0,18$ ммоль/л и была достоверно ниже подобных результатов ЛПНП детей контрольной группы (Табл.).

В исследованиях ЛПОНП было выявлено, что этот показатель у детей, не имеющих регулярных физических нагрузок, составлял $0,8 \pm 0,07$ ммоль/л. У детей 2 группы, в течение 1 года занимавшихся плаванием, в период обычного тренировочного процесса данный показатель, был равен $0,6 \pm 0,05$ ммоль/л, который находился достоверно ниже результатов детей контрольной группы. В группе детей, занимавшихся 4 года плаванием, во время обычного тренировочного процесса результат ЛПОНП был равен $0,5 \pm 0,04$ ммоль/л, что было также достоверно ниже, значений ЛПОНП детей контрольной группы, и недостоверно ниже, подобных значений ЛПОНП детей, занимавшихся в течение 1 года плаванием. При этом у детей 2 группы, занимавшихся в течение 1 года плаванием, во время максимальных нагрузок показатель ЛПОНП составлял $0,4 \pm 0,03$ ммоль/л, и был достоверно меньше результатов детей контрольной группы и несущественно ниже показателей этой же группы в период обычных тренировок. Помимо этого, показатель ЛПОНП детей 3 группы, занимавшихся плаванием в течение 3 лет, в период максимальных тренировочных нагрузок значение данного показателя находился на

уровне $0,3\pm 0,02$ ммоль/л, что было достоверно меньше результата детей, не занимающихся спортом, и не достоверно ниже подобных значений ЛПОИП детей, занимавшихся плаванием 1 год (Табл.).

В результате исследования уровня глюкозы было установлено, что данный показатель в сыворотке крови у детей, не занимавшихся спортом, находился на уровне $4,9\pm 0,43$ ммоль/л. У детей 2 группы, в течение 1 года занимавшихся плаванием, в период обычного тренировочного процесса этот показатель составлял $6,2\pm 0,57$ ммоль/л, что было не достоверно выше подобных результатов детей, не занимающихся спортом. В 3 группе детей, занимавшихся 3 года плаванием, в период обычного тренировочного процесса показатель глюкозы был равен $3,1\pm 0,28$ ммоль/л, что было достоверно ниже, подобных результатов как детей, не занимавшихся спортом, так и детей, занимавшихся в течение 1 года плаванием. У детей 2 группы на пике тренировок показатель глюкозы составлял $6,8\pm 0,65$ ммоль/л, и был достоверно выше результатов детей, не занимающихся спортом, и не существенно выше показателей детей этой же группы в период обычного тренировочного процесса. Помимо этого, величина глюкозы детей 3 группы, занимавшихся плаванием в течение 3 лет, на пике тренировок находилась на уровне $3,5\pm 0,32$ ммоль/л, что было достоверно меньше результатов детей, не занимающихся спортом и детей, занимавшихся плаванием 1 год (Табл.).

В исследованиях содержания в крови молочной кислоты было обнаружено, что данный показатель у детей, не занимавшихся спортом, составлял 280 ± 24 ммоль/л. У детей, в течение 1 года занимавшихся плаванием, в период обычного тренировочного процесса этот показатель, был равен 390 ± 35 ммоль/л, и находился достоверно выше значений детей, не занимающихся спортом. В группе детей, занимавшихся 3 года плаванием, также в период обычного тренировочного процесса показатель молочной кислоты находился на уровне 290 ± 26 ммоль/л, что было достоверно ниже показателей детей, в течение 1 года занимавшихся плаванием, а также не существенно выше аналогичных показателей молочной кислоты у детей, не занимавшихся спортом. В тоже время у детей 2 группы на пике тренировок показатель молочной кислоты равнялся 410 ± 38 ммоль/л, и был достоверно больше результата детей, не занимающихся спортом, и не достоверно выше показателей детей этой же группы в период обычного тренировочного процесса. Кроме того, результат молочной кислоты детей 3 группы на пике тренировок составлял 300 ± 28 ммоль/л, и был достоверно меньше аналогичных результатов детей, в течение 1 года занимавшихся плаванием и не достоверно выше показателей молочной кислоты детей, не занимавшихся спортом (Табл.).

Из результатов исследования активности ДНК-метил-трансферазы 1 в составе лизатов лейкоцитов было обнаружено, что данный показатель у детей, не занимавшихся спортом, составлял $25,3\pm 2$ нМ/мл. У детей 2 группы в период обычного тренировочного процесса этот показатель, равнялся $22,3\pm 1,8$ нМ/мл, что было не достоверно ниже подобных результатов детей, не занимающихся спортом. У детей 3 группы также в период обычного тренировочного процесса результат активности ДНК-метил-трансферазы 1 составлял $17,8\pm 1,5$ нМ/мл, и был достоверно ниже, аналогичного результата данного показателя детей 2 группы. В тоже время у детей 2 группы на пике тренировочного процесса величина активности ДНК-метил-трансферазы 1 была равна $19,2\pm 1,5$ нМ/мл, и находилась достоверно ниже данных детей, не занимающихся спортом, и не достоверно ниже результатов детей этой же группы в период обычного тренировочного процесса. Помимо этого, величина активности ДНК-метил-трансферазы 1 детей 3 группы на пике тренировок составляла $16,3\pm 1,3$ Мг/мл, и была достоверно ниже аналогичных показателей активности ДНК-метил-трансферазы 1 детей, занимавшихся плаванием в течение 1 года (Табл.).

При исследовании содержания 5-метил-2'-дез-оксидитидина, образующегося при метилировании ДНК, в составе лизатов лейкоцитов было обнаружено, что этот показатель у детей, не занимающихся спортом, составлял $69\pm 6,5$ нг/мл. У детей 2 группы, занимавшихся плаванием в течение 1 года, в период обычного тренировочного процесса этот показатель находился на уровне $54\pm 4,9$ нг/мл, что было не достоверно ниже аналогичных результатов детей, не занимающихся спортом. У детей 3 группы, занимавшихся 3 года плаванием, в период обычно-

го тренировочного процесса показатель активности содержания 5-метил-2'-дез-оксицитидина составлял $48 \pm 4,2$ нг/мл, и был недостоверно ниже, аналогичных результатов данного показателя детей 2 группы. В тоже время у детей 2 группы на пике тренировок величина содержания 5-метил-2'-дез-оксицитидина равнялась $45 \pm 4,1$ нг/мл, и была достоверно ниже подобных результатов детей, не занимающихся спортом и не достоверно меньше значения показателя детей этой же группы в период обычных тренировок. Кроме того, величина содержания 5-метил-2'-дез-оксицитидина детей 3 группы на пике тренировок составляла $37 \pm 3,4$ нг/мл, и была недостоверно ниже подобного показателя содержания 5-метил-2'-дез-оксицитидина детей 2 группы (Табл.).

Таким образом, можно заключить, что у детей 7-10 лет, занимающихся плаванием в течение 1 года, в условиях обычного тренировочного процесса относительно детей, не занимающихся каким-либо спортом, в сыворотке крови наблюдалось не достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПНП и достоверное ЛПОНП, при этом наблюдалось не достоверное увеличение ЛПВП, глюкозы и достоверное молочной кислоты. В тоже время в группе детей, тренировавшихся 3 года, отмечалось достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПНП и ЛПОНП, а также достоверное увеличение ЛПВП по сравнению с аналогичными результатами детей, не занимающихся спортом. Кроме того, в этой группе отмечалось достоверное снижение показателей глюкозы и молочной кислоты относительно детей, занимающихся плаванием в течение 1 года. В период пиковой тренировочной нагрузки после 1 года тренировок по отношению детям, не занимающимся каким-либо спортом, выявлялось достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПОНП и не достоверное ЛПНП, а также достоверное увеличение ЛПВП, глюкозы и молочной кислоты. При этом у детей после 3 лет тренировок на пике тренировочного процесса отмечалось достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПНП и ЛПОНП, а также достоверное увеличение ЛПВП по сравнению с аналогичными результатами детей, не занимающихся спортом. Также в данной группе наблюдалось достоверное снижение показателей глюкозы и молочной кислоты относительно детей, занимающихся плаванием в течение 1 года. Представленные изменения у детей 7-10 лет вероятно связаны со смещением метаболических процессов в сторону повышения катаболизма с целью адаптации к увеличению физических нагрузок и продолжительности тренировочного процесса.

Помимо этого, при изучении в составе лизатов лейкоцитов изменения эпигенетического глобального метилирования ДНК, по изменению активности ДНК метил-трансферазы 1 и показателя 5-метил-2'-дез-оксицитидина, у детей 7-10 лет, занимающихся плаванием в обычном тренировочном режиме, наблюдалось недостоверное снижение этих показателей после 1 года и достоверное уменьшение после 3 лет тренировок по сравнению с аналогичными результатами детей, не занимающихся каким-либо спортом. Тем временем в период пиковой тренировочной нагрузки выявлялось достоверное снижение активности ДНК метил-трансферазы 1 и показателя 5-метил-2'-дез-оксицитидина, после 1 года и более выраженное после 3 лет, относительно подобных результатов детей, не занимающихся каким-либо спортом. В тоже время величина этих показателей, как после 1 года, так и после 3 лет тренировок в период пиковой тренировочной нагрузки находилась достоверно ниже подобных результатов обеих групп детей в период обычного тренировочного процесса. Эти результаты у детей 7-10 лет также, вероятно, связаны с регуляцией смещения метаболических процессов в сторону повышения катаболизма с целью адаптации к увеличению физических нагрузок и продолжительности тренировочного процесса.

Заключение. У детей 7-10 лет, занимающихся плаванием, с увеличением продолжительности тренировочного процесса и увеличения физических нагрузок отмечалось снижение всех показателей по отношению к детям, не занимающимся каким-либо спортом. У детей после 1 года тренировок отмечено достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПОНП и не достоверное ЛПНП, а также достоверное увеличение ЛПВП, глюкозы и молочной кислоты. При этом у детей после 3 лет тренировок отмечалось достоверное уменьшение общего холестерина, триглицеридов, ЛПНП и ЛПОНП, а также достоверное увеличение ЛПВП

по сравнению с аналогичными результатами детей, не занимающихся спортом. Также наблюдалось достоверное снижение показателей глюкозы и молочной кислоты относительно детей, занимающихся плаванием в течение 1 года. Выявлено достоверное снижение активности ДНК метил-трансферазы 1 и показателя 5-метил-2'-дез-оксицитидина, после 1 года и более выраженное после 3 лет тренировок на пике тренировочного режима относительно обычного тренировочного процесса. Представленные изменения у детей 7-10 лет, вероятно, связаны со смещением метаболических процессов в сторону повышения катаболизма с целью адаптации к увеличению физических нагрузок и продолжительности тренировочного процесса.

List of references

- [1] Denham J. Exercise and epigenetic inheritance of disease risk //Acta Physiologica. – 2018. – Т. 222. – №. 1. – С. e12881.
- [2] Furrer R., Handschin C. Molecular aspects of the exercise response and training adaptation in skeletal muscle //Free Radical Biology and Medicine. – 2024. – Т. 223. – С. 53-68.
- [3] Goto, S., Kawakami, K., Naito, H., Katamoto, S., & Radak, Z. Epigenetic modulation of gene expression by exercise //Nutrition, Exercise and Epigenetics: Ageing Interventions. – 2015. – С. 85-100.
- [4] Longman D. P., Wells J. C. K., Stock J. T. Human athletic paleobiology; using sport as a model to investigate human evolutionary adaptation //American Journal of Physical Anthropology. – 2020. – Т. 171. – С. 42-59.
- [5] Moshkina N., Gibadullin I., Kuznetsova Z. M. Swimmers' Training Process Control Taking into Consideration Typology of Bioenergetics //icSPORTS. – 2019. – С. 146-152.
- [6] Sokolova I. Bioenergetics in environmental adaptation and stress tolerance of aquatic ectotherms: linking physiology and ecology in a multi-stressor landscape //The Journal of Experimental Biology. – 2021. – Т. 224. – №. Pt Suppl 1. – jeb236802-jeb236802.
- [7] Suganuma T., Workman J. L. Nucleotide metabolism behind epigenetics //Frontiers in endocrinology. – 2021. – Т. 12. – С. 731648.