

ВЗАИМОСВЯЗЬ СИСТЕМЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ – АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ (ПОЛ – АОЗ) И СИМПАТОАДРЕНАЛОВОЙ СИСТЕМЫ У ВЫПУСКНИКОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ г. ЧЕЛЯБИНСКА

О.А. Новоселова

УралГУФК, г. Челябинск

Изучались и анализировались показатели систем перекисного окисления липидов – антиоксидантной защиты (ПОЛ–АОЗ) и симпатoadреналовой системы у учащихся 11 классов общеобразовательных школ г. Челябинска, имеющих различный уровень двигательной активности с целью выявления возможной взаимосвязи между этими параметрами и уровнем двигательной активности выпускников.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов (ПОЛ), антиоксидантная активность (АОА) и симпатoadреналовая система, катехоламины, адреналин (А), норадреналин (НА), адаптация.

Актуальность исследования. По данным РАМН РФ здоровыми в настоящее время могут считаться только 10 % – выпускников школ, 50 % – имеют морфофункциональные отклонения, 40 % – хроническую патологию [6]. Эта ситуация усугубляется постоянным стрессом, связанным с подготовкой к выпускным и вступительным экзаменам. Приспособление организма к учебным и физическим нагрузкам осуществляется при участии систем нейрогуморальной регуляции, в частности симпатoadреналовой системы [1].

Если, с одной стороны, мобилизация катехоламинов при адаптации к стрессу непосредственно связана с активацией энергетических механизмов и обменных процессов, приводящих к увеличению работоспособности мышц. Вместе с тем, с другой стороны, чрезмерная активация симпатoadреналовой системы является и фактором риска, что обусловлено вызываемой под влиянием катехоламинов чрезмерной активацией ПОЛ в мембранах клеток скелетных мышц, миокарда и других тканей [1, 4, 7].

Улучшить адаптацию выпускников к учебной и психической нагрузке и сохранить их здоровье можно с помощью продуманного построения процесса физического воспитания. Для достижения положительного результата, следует выбрать критерии контроля, позволяющие адекватно оценить изменения состояния учащихся. Известно, что изменение физической и умственной нагрузки может привести к существенным сдвигам в характере протекания окислительных реакций и, как следствие, в содержании продуктов липопероксидации [2].

Целью нашей работы явилось изучение содержания продуктов ПОЛ, активности АОЗ и симпатoadреналовой системы у выпускников общеобразовательных школ, занимающихся по различным методикам физического воспитания.

Методы и организация исследования. Тестирование учащихся проводилось в 3 этапа: I этап – октябрь, II этап – декабрь, III этап – май. В эксперименте приняли участие ученики одиннадцатых классов с разным уровнем двигательной активности, в количестве 211 человека. Учащиеся школы № 23 (КГ1, n = 95) в полном объеме осваивали материал Комплексной программы физического воспитания. В общеобразовательной школе при музыкальном институте (КГ2, n = 46) программа корректировалась в зависимости от избранной музыкальной специализации учеников. В школе № 63 (ЭГ, n = 90) применялась экспериментальная методика физического воспитания.

Получение липидных экстрактов, а также определение всех категорий продуктов ПОЛ проводили спектрофотометрическим методом по слюне [5; 7]. Отдельно, в изопропанольной фазе экстракта оценивали интенсивность индуцированного ПОЛ (АОА1 и АОА2). [2]. Активность симпатoadреналовой системы оценивали по уровню экскреции катехоламинов с мочой. Моча и слюна для анализа собиралась в утренние часы. Определение адреналина и норадреналина осуществляли флюориметрическим методом по Матлиной Э.Ш. [3] в порционной моче, (время, за которое собрана моча и ее количество фиксировали).

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе обследования у выпускников общеобразовательных школ, имеющих различный уровень двигательной активности, выявлены незначительные различия в содержании первичных и вторичных гептанрастворимых продуктов ПОЛ в слюне: более высоким оно было в ЭГ, но достоверных различий не обнаружено (табл. 1).

На II и III этапах исследования произошло повышение содержания первичных неполярных продуктов ПОЛ во всех группах учащихся. В результате

Содержание гептанрастворимых молекулярных продуктов ПОЛ в слюне учащихся 11 классов

Этапы тестирования	Первичные продукты индекс окисления E ₂₃₂ /E ₂₂₀			Вторичные продукты индекс окисления E ₂₇₈ /E ₂₂₀			Конечные продукты индекс окисления E ₄₀₀ /E ₂₂₀		
	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)
I этап	0,865 ± 0,091	0,924 ± 0,144	0,947 ± 0,078	0,795 ± 0,086	0,911 ± 0,056	0,937 ± 0,114	0,145 ± 0,008	0,155 ± 0,024	0,136 ± 0,041
II этап	0,904 ± 0,042	1,098 ± 0,081	0,973 ± 0,062	0,993 ± 0,075	1,098 ± 0,092	1,163 ± 0,095	0,162 ± 0,021	0,204 ± 0,00,9	0,146± 0,007
III этап	1,129 ± 0,335	1,249 ± 0,235	1,162 ± 0,161	1,441 ± 0,106	1,642 ± 0,103	1,212 ± 0,095	0,188 ± 0,027	0,219 ± 0,021	0,159 ± 0,012
	P ₁₋₂ >0,05 P ₂₋₃ <0,05 P ₁₋₃ <0,05	P ₁₋₂ <0,05 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,05	P ₁₋₂ >0,05 P ₂₋₃ <0,05 P ₁₋₃ <0,05	P ₁₋₂ <0,05 P ₂₋₃ <0,05 P ₁₋₃ <0,01	P ₁₋₂ <0,05 P ₂₋₃ <0,05 P ₁₋₃ <0,01	P ₁₋₂ <0,05 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,05	P ₁₋₂ >0,05 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,01	P ₁₋₂ <0,05 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ <0,01	P ₁₋₂ >0,05 P ₂₋₃ >0,05 P ₁₋₃ >0,05

этих изменений количество первичных гептанрастворимых продуктов ПОЛ становится примерно одинаковым у всех групп выпускников ($P > 0,05$). При сравнении на третьем этапе тестирования количества первичных неполярных продуктов ПОЛ в слюне учащихся 11 классов – заметен значительный их прирост во всех группах, по сравнению с исходным уровнем ($P < 0,05$).

В начале учебного года содержание вторичных гептанрастворимых продуктов ПОЛ в слюне учащихся ЭГ было несколько выше. На 2 этапе исследования наблюдалось достоверное повышение содержания вторичных неполярных продуктов ПОЛ, приблизительно равное во всех группах (от 20 % до 25 %). Тенденция к увеличению содержания вторичных гептанрастворимых продуктов ПОЛ сохранялась и к 3 этапу обследования. Наибольший прирост этого показателя отмечен в контрольных группах: в КГ1 – на 45 %, а в КГ2 – на 49,5 %. Следует отметить, что содержание вторичных гептанрастворимых липопероксидов на этапе третьего тестирования, значительно превышает исходный уровень: в КГ1 – на 81,25 %, в КГ2 – 80,25 %, в ЭГ – на 29,35 % ($P < 0,05$). Кроме того, при сравнении результатов тестирования между группами на этом этапе обнаружены достоверные различия показателей ЭГ с КГ2 – на 26,2 % ($P < 0,05$).

По содержанию в слюне конечных гептанрастворимых продуктов ПОЛ на 1 этапе тестирования между всеми группами учащихся 11 классов достоверных различий обнаружено не было. Ко второму этапу тестирования значимое увеличение содержания конечных неполярных продуктов произошло только в КГ2 (на 31,6 %). Следует отметить, что на этом этапе различия между группами по количеству конечных гептанрастворимых продуктов заметно увеличиваются и достигают между КГ1 и КГ2 – 20,6 %, а между ЭГ и КГ2 – 28,5 % ($P < 0,05$). На третьем этапе исследования

продолжается накопление конечных гептанрастворимых продуктов ПОЛ и эти изменения достигают в обеих контрольных группах статистически значимого уровня. Кроме того, при сравнении результатов тестирования между группами на этом этапе обнаружены достоверные различия показателей ЭГ с КГ2 – на 27,4 % ($P < 0,05$).

На первом этапе тестирования не обнаружено достоверных отличий в содержании всех категорий изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ в слюне у всех обследуемых учащихся 11 классов, хотя в ЭГ оно немного ниже ($P > 0,05$). Содержание первичных изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ в слюне повышается на II и III этапах тестирования у школьников всех групп (табл. 2). И если на II этапе значимые изменения наблюдались только в контрольных группах, то на III этапе во всех группах выпускников произошел прирост количества первичных полярных продуктов ПОЛ, достоверно превосходящий их исходное значение ($P < 0,05$). При этом мы обнаружили и существенное отличие этого показателя между ЭГ и контрольными группами, где прирост количества первичных изопропанолрастворимых продуктов по сравнению с началом обследования в два раза выше ($P < 0,05$).

Содержание вторичных изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ на II этапе исследования повысилось у учащихся обеих контрольных групп, оставаясь в ЭГ практически на том же уровне. На III этапе исследования наблюдалось значительное повышение содержания в слюне вторичных изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ во всех группах учащихся ($P < 0,05$). При этом мы выявили явные различия по этому показателю между обеими контрольными группами и ЭГ как между собой на этапе, так и при сравнении исходных и итоговых показателей: содержание вторичных полярных продуктов ПОЛ в ЭГ достоверно ниже ($P < 0,05$).

Таблица 2

Содержание изопропанолрастворимых молекулярных продуктов ПОЛ в слюне учащихся 11 классов

Этапы тестирования	Первичные продукты индекс окисления E ₂₃₂ /E ₂₂₀			Вторичные продукты индекс окисления E ₂₇₈ /E ₂₂₀			Конечные продукты индекс окисления E ₄₀₀ /E ₂₂₀		
	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)
I этап (октябрь)	0,736 ± 0,084	0,804 ± 0,091	0,723 ± 0,033	0,932 ± 0,071	0,905 ± 0,072	0,891 ± 0,071	0,080 ± 0,007	0,076 ± 0,009	0,074 ± 0,006
II этап (декабрь)	0,998 ± 0,041	0,982 ± 0,016	0,803 ± 0,051	1,03 ± 0,079	1,105 ± 0,082	0,877 ± 0,041	0,091 ± 0,01	0,102 ± 0,022	0,086 ± 0,008
III этап (май)	1,204 ± 0,073	1,305 ± 0,080	0,942 ± 0,0120	1,316 ± 0,211	1,323 ± 0,122	0,989 ± 0,065	0,116 ± 0,009	0,119 ± 0,013	0,090 ± 0,007
	P ₁₋₂ < 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05

Таблица 3

Уровень аскорбатиндуцированного ПОЛ (%) в слюне учащихся 11 классов

Этапы тестирования	АОА 1 (%)			АОА 2 (%)		
	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)	КГ 1 (n = 95)	КГ 2 (n = 46)	ЭГ (n = 90)
I этап (октябрь)	161,95 ± 12,081	146,34 ± 10,160	184,44 ± 10,117	157,24 ± 5,467	137,39 ± 7,283	165,23 ± 10,244
II этап (декабрь)	148,07 ± 7,352	112,52 ± 9,396	154,22 ± 4,453	134,44 ± 6,672	119,13 ± 10,061	145,12 ± 4,723
III этап (май)	126,92 ± 7,912	101,24 ± 4,047	180,08 ± 9,911	119,35 ± 8,578	85,12 ± 4,725	159,33 ± 9,162
	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ > 0,05 P ₂₋₃ > 0,05 P ₁₋₃ > 0,05

Количество конечных изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ на II этапе исследования во всех группах повысилось. Причем, наиболее заметные изменения произошли в КГ2 ($P < 0,05$), в то же время различия между группами еще незначительны ($P > 0,05$). На третьем этапе исследования, продолжается увеличение этого показателя, наиболее выраженное в КГ1 (на 27,5 %), различия между экспериментальной и обеими контрольными группами приобретают достоверность ($P < 0,05$). К завершению исследования, по сравнению с исходными данными, у всех выпускников произошел значимый рост конечных полярных продуктов ПОЛ, но если в КГ1 их содержание повысилось на 45 %, в КГ2 – на 56,6 %, то в ЭГ рост менее выражен и составляет только 21,6 %.

Согласно полученным нами данным, в начале учебного года уровень антиокислительной активности, определяемый по содержанию первичных продуктов ПОЛ после индукции аскорбатом (АОА1), всех исследуемых групп учащихся были

неоднороден (табл. 3). Показатели АОА1 в КГ2 были ниже, чем в двух других группах, с ЭГ разница достигает 26 % ($P < 0,05$). Между контрольными группами, равно как и между ЭГ и КГ1 – различия не значительны.

На II этапе исследования уровень АОА1, во всех группах снижается. Но если между значениями АОА1 в КГ1 и ЭГ нет достоверных различий, то в КГ2 они ниже: на 37,1 %, чем в ЭГ и на 31,6 %, чем в КГ1 ($P < 0,05$). На III этапе исследования в контрольных группах значение АОА1 оказалось ниже исходного уровня в КГ1 на 21,6 %, а в КГ2 – на 30,8 % ($P < 0,05$). В ЭГ к III этапу тестирования АОА1 значительно усилилась – на 16,8 % по сравнению с данными второго этапа и показатели почти вернулись к исходному значению ($P > 0,05$).

Уровень антиокислительной активности, определяемой по содержанию вторичных продуктов ПОЛ после индукции аскорбатом (АОА2), у КГ2 на первом этапе тестирования был ниже, чем у двух других групп ($P < 0,05$). На II этапе иссле-

Экскреция катехоламинов с мочой (нг/мин) у учащихся 11 классов

Этапы	КГ1 (n = 55) (школа № 23)			КГ2 (n = 30) (муз школа)			ЭГ (n = 52) (школа № 63)		
	А	НА	НА/А	А	НА	НА/А	А	НА	НА/А
I	5,71 ± 0,43	10,02 ± 0,24	1,75 ± 0,06	5,83 ± 0,51	10,43 ± 0,62	1,79 ± 0,08	5,52 ± 0,13	9,90 ± 0,32	1,80 ± 0,05
II	6,03 ± 0,38	10,51 ± 0,41	1,75 ± 0,09	6,91 ± 0,46	11,01 ± 0,76	1,59 ± 0,09	6,12 ± 0,54	10,74 ± 0,61	1,75 ± 0,07
III	5,34 ± 0,27	8,78 ± 0,95	1,66 ± 0,08	5,20 ± 0,77	7,88 ± 0,99	1,52 ± 0,11	5,69 ± 0,29	10,32 ± 0,85	1,81 ± 0,06
	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05	P ₁₋₂ > 0,05
	P ₂₋₃ > 0,05	P ₂₋₃ < 0,05	P ₂₋₃ > 0,05	P ₂₋₃ < 0,05	P ₂₋₃ < 0,05	P ₂₋₃ > 0,05	P ₂₋₃ > 0,05	P ₂₋₃ > 0,05	P ₂₋₃ > 0,05
	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ > 0,05	P ₁₋₃ > 0,05

дования уровень АОА2 немного понизился во всех группах (на 12–14 %). При этом между группами сохранилась такая же зависимость, как и на первом этапе исследования. К окончанию учебного года мы наблюдали разнонаправленные изменения АОА2: в контрольных группах наблюдалось дальнейшее понижение этого показателя, причем в КГ2 – эта тенденция достигала статистически значимого уровня. В ЭГ немного увеличились показатели АОА2 по сравнению со II этапом. На этом этапе обостряются различия между группами: показатели АОА2 между ЭГ и КГ1 отличаются на 33,5 % ($P < 0,05$), между ЭГ и КГ2 – на 87,2 % ($P < 0,01$), а между КГ1 и КГ2 – на 40,2 % ($P < 0,05$). При этом значение показателей АОА2 оказалось ниже исходного уровня в КГ1 – на 24 % ($P < 0,05$), в КГ2 – на 38 % ($P < 0,05$), а в ЭГ всего на 3,5 % ($P > 0,05$).

В начале учебного года у всех обследуемых одиннадцатиклассников экскреция катехоламинов в покое была приблизительно одинаковая (табл. 4). Хотя количество катехоламинов в моче учащихся ЭГ было несколько ниже. Достоверных различий, по сравнению с данными других групп, не выявлено.

К концу 2 четверти экскреция А и НА во всех группах несущественно повышается, только в КГ2 прирост количества А составил 19 % ($P < 0,05$). Но сравнивая показатели экскреции А и НА между группами на 2 этапе мы не обнаружили между ними достоверных различий. Отношение НА/А в КГ1 сохраняется на прежнем уровне, а в КГ2 и ЭГ – незначительно снижается.

К концу учебного года наблюдается снижение экскреции катехоламинов с мочой у выпускников общеобразовательных школ. Наиболее выражено понижение содержания А и НА в моче у учеников школы при музыкальном институте (на 24,7 % и 29,2 % соответственно). Следует отметить, что в обеих контрольных группах показатели экскреции катехоламинов в конце учебного года ниже, чем были на I этапе обследования, при этом в КГ2 изменения достигают достоверности ($P < 0,05$). Снижение экскреции А и НА по сравнению со вторым

этапом обследования в ЭГ незначительно, их значения остаются на 3–4 % выше, чем исходные. На III этапе обследования значение катехоламинового индекса продолжает снижаться в контрольных группах и увеличивается у учащихся с более высоким уровнем двигательной активности, но статистической значимости эти изменения не достигают.

Таким образом, к окончанию обследования у учащихся 11 классов обнаружено, что в школах, не уделяющих особого внимания физической подготовке учащихся наблюдается прирост всех категорий гептан- и изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ, снижается уровень антиокислительной активности слюны и экскреция катехоламинов с мочой. У выпускников, имеющих более высокую нагрузку на уроках физической культуры рост содержания всех категорий продуктов ПОЛ менее выражен; уровень антиокислительной защиты удерживается практически на исходном уровне; экскреция катехоламинов с мочой и значение катехоламинового индекса также более стабильны. Эти данные подтверждают гипотезу о том, что с помощью продуманного построения процесса физического воспитания можно облегчить адаптацию выпускников к учебной и психической нагрузке и сохранить их здоровье.

Выводы

1. Полученные результаты свидетельствуют, что направленное регулирование физической нагрузки на уроках физкультуры препятствует чрезмерному повышению содержания всех категорий гептанрастворимых продуктов ПОЛ.

2. Относительно малое повышение количества изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ ($P > 0,05$) на втором и третьем этапах исследования и сохранение достаточно высокого уровня антиокислительной активности позволяют предположить, что адаптация к учебной и физической нагрузке у учащихся ЭГ проходит более успешно.

3. Более высокий уровень антиокислительной активности, выявленный в ЭГ уже на I этапе исследования и сохранение его без значительных изменений в течение учебного года позволяет предположить, что направленная физическая на-

грузка, задаваемая на уроках физической культуры за весь период обучения в школе, способствовала формированию долговременной адаптации и улучшению физического состояния выпускников.

4. Уменьшение в контрольных группах учащихся 11 классов к концу учебного года количества катехоламинов в моче и значения катехоламинового индекса, по видимому свидетельствует об утомлении учащихся, сопровождающемся снижением активности САС.

5. Стабильная величина коэффициента НА/А (1,80–1,81), относительное постоянство экскреции А и НА у выпускников школы № 63, свидетельствуют об устойчивом функциональном состоянии САС на всех этапах обследования у учащихся, занимающихся на протяжении нескольких лет по экспериментальной методике, с повышенной физической нагрузкой.

Литература

1. *Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам / под ред. А.Г. Хрипковой, М.В. Антроповой. – М.: Педагогика, 1982. – С. 108.*

2. *Львовская, Е.И. Перекисное окисление липидов в норме и особенности протекания ПОЛ при физических нагрузках / Е.И. Львовская, Н.М. Григорьева. – Челябинск, 2005. – 88 с.*

3. *Матлина, Э.Ш. Метод определения адреналина, норадреналина, дофамина и ДОФА в одной порции мочи / Э.Ш. Матлина, З.М. Киселёва, И.Э. Софиева // Методы исследования некоторых гормонов и медиаторов / – М., 1965. – С. 25–32.*

4. *Меерсон, Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон. – М.: Наука, 1983. – 278 с.*

5. *Спектрофотометрическое определение конечных продуктов перекисного окисления липидов / Е.И. Львовская, И.А. Волчегорский, С.Е. Шемяков, Р.И. Лифшиц // Вопросы медицинской химии. – 1991. – № 4. – С. 92–93.*

6. *Ткачук, Е.П. Что изменится после съезда педиатров? / Е.П. Ткачук // Народное образование. – 2001. – № 2. – С. 46–48.*

7. *Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников, В.Э. Цейликман. – Челябинск, 2000. – 167 с.*

Поступила в редакцию 19 февраля 2009 г.