

## СООТНОШЕНИЕ УРОВНЕЙ ЛИПИДНОЙ ПЕРОКСИДАЦИИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ БЕЛКОВ У СТУДЕНТОВ 17–23 ЛЕТ (г. КУНГУР)

*Е.И. Львовская, Е.Н. Саханкова*

*Уральский государственный университет физической культуры,  
г. Челябинск*

**Рассмотрены соотношения между содержанием продуктов перекисного окисления липидов, окислительной модификацией белков в слюне студентов и индексом адаптационного потенциала. Рассмотрены изменения процессов свободнорадикального окисления липидов и белков у студентов с различным типом питания и сопутствующими заболеваниями.**

*Ключевые слова: антиоксидантная система (АОС), свободнорадикальное окисление (СРО), окислительный стресс (ОС), перекисное окисление липидов (ПОЛ), окислительная модификация белков (ОМБ), динитрофенилгидразоны (ДФГ).*

**Актуальность исследования.** Во время учебы и экзаменационной сессии студентам приходится сталкиваться с широким диапазоном синергично действующих стрессогенных факторов, приводящих в итоге к развитию выраженного стресса [1], который влияет на состояние антиоксидантных систем организма, сопровождая и усложняя течение фактически всех заболеваний [2, 3]. Поэтому существует объективная потребность в создании алгоритмов для ранней диагностики и прогнозирования окислительного стресса у студентов. Последствием стресса может быть чрезмерная интенсификация свободнорадикального окисления, которое обуславливает повреждение белковых и липидных компонентов мембран и рассматривается как механизм повреждения клетки на мембранном уровне [4]. Современные исследования состояния СРО ограничиваются определением уровня липопероксидации, игнорируя при этом возможность изменения уровня окислительной деструкции белков.

Для оценки эффективности антиоксидантных систем, необходимо комплексное исследование СРО, включающее в себя одновременную оценку ПОЛ и выраженность окислительной модификации (карбонилирования) белков в биологических жидкостях. Также остаётся малоизученной проблема изменения процессов свободнорадикального окисления у студентов с различными сопутствующими заболеваниями в процессе обучения [5].

Решение этих вопросов может оптимизировать проводимую в медицине антиоксидантную терапию, с целью повышения антиоксидантного статуса организма и снижения опасности возникновения свободнорадикальных патологий [6].

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на базе ГОУ СПО «Кунгур-

ский колледж промышленных технологий, управления и дизайна». Было обследовано 80 студентов, в возрасте от 17 до 23 лет, проанализированы результаты медицинского осмотра студентов, рассчитан индекс адаптационного потенциала (АП) сердечно-сосудистой системы по методу Р.М. Баевского [7].

**Биохимические методы исследования.** Получение липидных экстрактов, а также определение первичных, вторичных продуктов ПОЛ проводили по методу И.А. Волчегорского и др. [8]. Содержание конечных продуктов ПОЛ определяли по величине оптической плотности гептановых и изопропанольных фаз липидных экстрактов при 400 нм. Относительное содержание шиффовых оснований рассчитывали по отношению поглощения при 400 нм к оптической плотности при 220 нм [9]. Определение интенсивности аскорбатиндуцированного ПОЛ производилось спектрофотометрическим методом Е.И. Львовской [6]. Окислительная модификация белков оценивалась по уровню образования динитрофенилгидразонов по методу Е.Е. Дубининой [10].

**Статистический анализ результатов.** Полученные данные обработаны с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel и выражались в виде среднеарифметической (M) и её стандартной ошибки (m). Статистическая обработка данных проводилась с использованием метода сравнения выборок парных критериев Стьюдента. Проверка нормальности распределения производилась графическим методом. Результаты считались статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ . Для оценки корреляционных связей использовался коэффициент корреляции.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Согласно полученным нами данным, отмечены

незначительные изменения концентрации липопероксидов в зависимости от пола и типа питания. Так, у мужчин при удовлетворительном уровне адаптации содержание гептанфильных диеновых конъюгатов и кетодиенов и сопряжённых триенов увеличено по отношению к контрольной группе (М здоровых) на 4 %, повышено содержание шиффовых оснований и в женской группе на 31 % с одновременным напряжением механизмов адаптации. У группы студентов, предпочитающих мясную пищу, выявлено незначительное увеличение содержания гептанфильных кетодиенов и сопряжённых триенов, шиффовых оснований и изопропанолрастворимых диеновых конъюгатов, при удовлетворительном уровне адаптации.

Наиболее значимые изменения содержания липопероксидов наблюдались в группах студентов с сопутствующими заболеваниями (табл. 1).

Так, в группе студентов с заболеваниями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) выявлено повышение содержания гептанрастворимых кетодиенов и сопряжённых триенов – на 21 %, у группы студентов с эндокринными заболеваниями эти же категории продуктов возросли – на 22 %, у группы с болезнями органов дыхания – на 25 % при наличии сочетанной патологии – на 13 %. Повышение содержания шиффовых оснований на-

блюдалось у групп с болезнями ЖКТ – на 115 %, у групп с болезнями органов зрения – на 28 %, с болезнями органов дыхания – на 159 %, с сочетанной патологией – на 131 %, с болезнями эндокринной системы – на 232 %. Выявленные изменения содержания липопероксидов сопровождалась одновременным напряжением механизмов адаптации.

Исследование концентрации изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ обнаружило увеличение содержания кетодиенов и сопряжённых триенов у группы с заболеваниями эндокринной системы – на 9 % и с заболеваниями органов дыхания – на 16 %.

Таким образом, более заметное усиление процессов ПОЛ наблюдалось у студентов с сопутствующими заболеваниями ЖКТ, эндокринной системы, органов дыхания и при сочетанной патологии. Также было обнаружено, что увеличение ПОЛ у студентов с этими заболеваниями происходило на фоне снижения уровня аскорбатиндуцированного ПОЛ (табл. 2).

Так, при заболеваниях ЖКТ уровень индуцированных диеновых конъюгатов (ДК) по сравнению с контрольной группой снижен на 8 %, кетодиенов и сопряжённых триенов – на 6 %, при заболеваниях эндокринной системы содержание ДК

Таблица 1

Содержание продуктов ПОЛ у студентов с сопутствующими заболеваниями

Продукты ПОЛ	Контрольн. группа (здоровые) n = 18	Сопутствующие заболевания				
		ЖКТ n = 16	Эндокрин. система n = 15	Органы дыхания n = 14	Органы зрения n = 19	Сочетан. патология n = 19
Диеновые конъюгаты (гептан)	0,407 ± 0,011	0,421 ± 0,014	0,400 ± 0,021	0,423 ± 0,016	0,371 ± 0,011	0,4 ± 0,011
Кетодиены и сопряж. триены (гептан)	0,135 ± 0,008	0,163 ± 0,013 P < 0,05	0,164 ± 0,020	0,169 ± 0,013	0,136 ± 0,010	0,152 ± 0,013
Шиффовы основания (гептан)	0,04 ± 0,021	0,084 ± 0,050 P < 0,05	0,126 ± 0,067 P < 0,05	0,101 ± 0,073 P < 0,05	0,050 ± 0,025	0,090 ± 0,040 P < 0,05
Диеновые конъюгаты (изопроп.)	0,375 ± 0,011	0,390 ± 0,017	0,385 ± 0,023	0,414 ± 0,017 P < 0,05	0,364 ± 0,008	0,382 ± 0,016
Кетодиены и сопряж. триены (изопроп.)	0,164 ± 0,011	0,164 ± 0,019	0,179 ± 0,020	0,190 ± 0,019	0,158 ± 0,007	0,173 ± 0,016
Шиффовы основания (изопроп.)	0,070 ± 0,027	0,024 ± 0,004 P < 0,05	0,015 ± 0,006 P < 0,05	0,017 ± 0,006 P < 0,05	0,024 ± 0,008 P < 0,05	0,019 ± 0,003 P < 0,05
Уровень адаптации	Удовлетв.	Удовлетв.	Напряжение	Удовлетв.	Напряжение	Напряжение

Примечание. ЕО 232/220 – диеновые конъюгаты ДК; 278/220 – кетодиены и сопряженные триены КД и СТ; 400/220 – шиффовы основания.

Уровень аскорбатиндуцированного ПОЛ у студентов с сопутствующими заболеваниями, %

Продукты ПОЛ	Контрольн. группа (здоровые) n = 18	Сопутствующие заболевания			
		ЖКТ n = 16	Эндокрин. система n = 15	Органы дыхания n = 14	Сочетан. патология n = 19
Диеновые конъюгаты (изопропанол) индукция Fe <sup>2+</sup> /аскорбат	283,873 ± 10,630	261,491 ± 13,875	268,206 ± 21,541	258,277 ± 21,200 P < 0,05	272,684 ± 15,29
Кетодиены и сопряж. триены (изопропанол) индукция Fe <sup>2+</sup> /аскорбат	702,635 ± 61,979	659,821 ± 71,533 P < 0,05	645,807 ± 82,866 P < 0,05	605,592 ± 81,263 P < 0,05	682,19 ± 67,363

снижено на 5 %, а кетодиенов и сопряженных триенов – на 8 %. При заболеваниях органов дыхания содержание ДК снижено на 9 %, а кетодиенов и сопряженных триенов – на 14 %, при сочетанной патологии содержание ДК снижено на 4 %, а кетодиенов и сопряженных триенов – на 3 %.

Изменения концентрации продуктов ПОЛ коррелировали с величинами адаптационного потенциала (АП). Так, заметная обратная связь наблюдалась между концентрацией гептанфильных ( $r = -0,624$ ) и изопропанол растворимых ДК с АП ( $r = -0,753$ ).

Исследования содержания ОМБ показали увеличение динитрофенилгидразонов (ДФГ) – продуктов взаимодействия окислительно-модифицированных белков с 2, 4 – (ДНФГ): так, в группе мужчин, содержание алифатических альдегид-динитрофенилгидразонов (аАДФГ)  $\lambda = 270$ , по сравнению с контрольной группой, повышено на 20 %; алифатических кетон-динитрофенилгидразонов нейтрального характера (аКДФГн)  $\lambda = 370$  – на 8 %; алифатических кетон-динитрофенилгидразонов основного характера (аКДФГосн)  $\lambda = 430$  – на 7 %; алифатических альдегид-динитрофенилгидразонов (аАДФГ)  $\lambda = 270$ , индуцируемых в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 69 %.

У группы студентов, предпочитающих мясную пищу, наблюдался незначительно повышенный уровень аАДФГ – на 5 %; аКДФГн – на 6 %; аАДФГ, индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 15 %.

Содержание общего белка слюны было повышено от контрольных значений у группы мужчин на 8 %, у группы с заболеваниями костно-мышечной системы (КМС) – на 8 %, с заболеваниями органов дыхания – на 6 %, группа с заболеваниями органов зрения – на 14 %, у группы с сочетанной патологией – на 7 %.

При заболеваниях ЖКТ наблюдался повышенный уровень аАДФГ, по сравнению с контрольной группой, на 29 %; аКДФГн – на 8 %; аАДФГ, индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 26 %; аАДФГ – на 10 %; аКДФГосн (кетон-динитрофенилгидразоны основного характера, базальный уровень) – на 11 %, но при этом уровень адаптации был удовлетворительным.

Таким образом, при заболеваниях ЖКТ отмечено синхронизированное изменение концентрации продуктов ПОЛ и ОМБ (при увеличении ПОЛ увеличивается ОМБ).

Одновременно отмечено снижение показателей ДФГ совместно с напряжением уровня адаптации:

- при заболеваниях эндокринной системы содержание аАДФГ  $\lambda = 270$ , по сравнению с контрольной группой понижено на 17 %; аКДФГн  $\lambda = 370$  – на 15 %; аКДФГосн  $\lambda = 430$  – на 10 %; аКДФГн, индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 25 %; аКДФГосн  $\lambda = 430$ , индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 25 %;

- при заболеваниях органов дыхания, содержание аАДФГ по сравнению с контрольной группой понижено на 10 %, аКДФГн – на 12 %; аКДФГосн – на 6 %; аКДФГн  $\lambda = 370$ , индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 5 %; аКДФГосн  $\lambda = 430$ , индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 20 %; аАДФГ (алифатические альдегид-динитрофенилгидразоны, базальный уровень) – на 48 %;

- при сочетанной патологии, содержание аАДФГ по сравнению с контрольной группой понижено на 5 %; аКДФГн – на 3 %; аКДФГн  $\lambda = 370$ , индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 5 %; аКДФГосн  $\lambda = 430$ , индуцируемые в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – на 14 %; АДФГ (алифатические альдегид-динитрофенилгидразоны, базальный уровень) – на 13 %. Уровень индуцированных аДФГ имел заметную обратную связь с АП (адаптационный потенциал) –  $r = -0,701$ .

Таким образом, при заболеваниях эндокринной системы, органов дыхания, сочетанной патологии при напряжении уровня адаптации отмечено дисинхронизированное изменение концентрации продуктов ПОЛ и ОМБ (при увеличении ПОЛ уменьшается ОМБ).

При расчете соотношения базального уровня ОМБ к индуцированному, в системе Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> были получены следующие результаты:

- соотношение значений аАДФГ (алифатические альдегид-динитрофенилгидразоны, базальный уровень к индукции), по сравнению с контрольной группой повышено у женщин на 16 %, у мужчин – на 12 %.

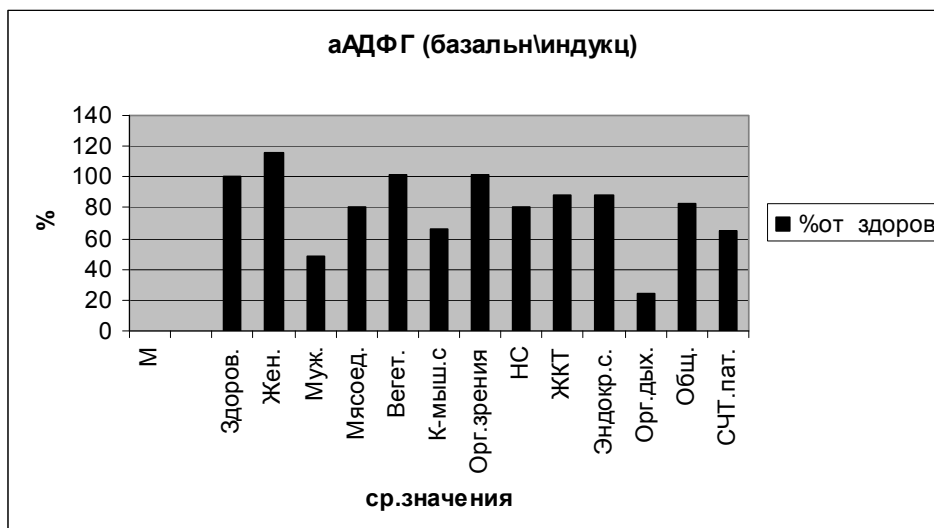


Рис. 1. Соотношение значений аАДФГ (алифатические альдегид-динитрофенилгидразоны, базальный уровень к индукции)

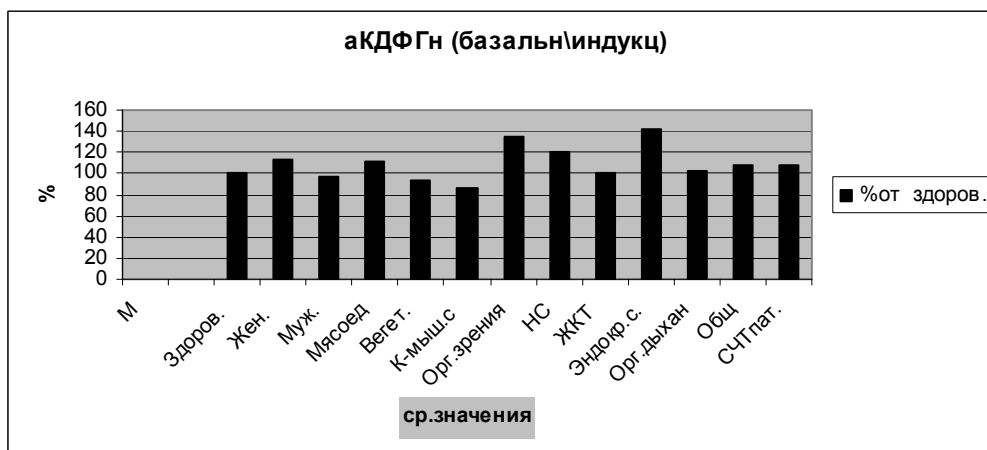


Рис. 2. Соотношение аКДФГн (алифатические кетон-динитрофенилгидразоны нейтрального характера, базальный уровень к индукции)

одновременно наблюдалось напряжение механизмов адаптации (рис. 1);

– на рис. 2 отмечено незначительное повышение соотношения аКДФГн – базальный уровень к индукции по сравнению с контрольной группой (здоровых) у группы с заболеваниями ЖКТ – на 1 %, органов дыхания – на 2 %, с сочетанной патологией – на 7 %, также наблюдалось напряжение механизмов адаптации. Более выраженное повышение соотношения базального уровня к индукции с напряжением механизмов адаптации наблюдалось у женщин – на 14 %, у группы студентов, предпочитающих мясную пищу – на 11 %, с заболеваниями нервной системы (НС) – на 20 %, органов зрения – на 34 %, эндокринной системы – на 42 %;

– на рис. 3 отмечено повышенное содержание аКДФГосн – базальный уровень к индукции: у мужчин – на 4 %, у женщин – на 7 % с напряжением механизмов адаптации, у группы, предпочи-

тающих мясную пищу – на 9 %, у группы с заболеваниями ЖКТ – на 15 %, НС – на 16 %, органов зрения – на 22 % с напряжением механизмов адаптации, эндокринной системы – на 59 % с напряжением механизмов адаптации, органов дыхания – на 43 %, при наличии сочетанной патологии на 29 % с напряжением механизмов адаптации.

Таким образом, процессы свободнорадикального окисления липидов и белков в группе «здоровых» студентов протекают синхронизированно. При заболеваниях ЖКТ отмечено синхронизированное изменение концентрации продуктов ПОЛ и ОМБ (при увеличении ПОЛ увеличивается ОМБ). При заболеваниях эндокринной системы, органов дыхания, сочетанной патологии при напряжении уровня адаптации отмечено диссинхронизированное изменение концентрации продуктов ПОЛ и ОМБ (при увеличении ПОЛ уменьшается ОМБ).

Заболевания органов дыхания сопровождались повышением показателей ОМБ базального

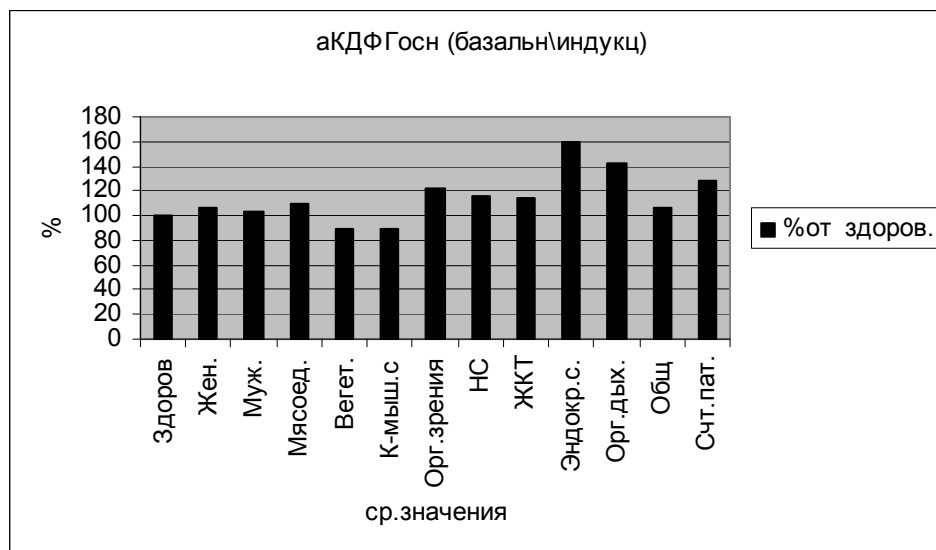


Рис. 3. Соотношение аКДФГосн (алифатические кетон-динитрофенилгидразоны основного характера, базальный уровень к индукции)

уровня, а при заболеваниях эндокринной системы, сочетанной патологии, органов зрения, а также в группе девушек было отмечено повышение показателей ОМБ базального уровня одновременно с напряжением механизмов адаптации, что говорит о возможном снижении общей резистентности организма.

### Литература

1. Щербатов, Ю.В. Психология стресса и методы коррекции: учеб. пособие / Ю.В. Щербатов. – СПб.: Питер, 2006. – 256 с.
2. Биленко, М.В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов: Молекулярные механизмы, пути предупреждения и лечения / М.В. Биленко. – М.: Медицина, 1989. – 368 с.
3. Икрянникова, С.В. Влияние экологических факторов на антиоксидантный статус и спектральные характеристики гемоглобина жителей промышленного города: дис. ... канд. биол. наук / С.В. Икрянникова. – Оренбург, 2006. – 114 с.
4. Казначеев, В.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / В.П. Казначеев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – Л.: Медицина, 1980. – 208 с.
5. Лавин, Е.А. Состояние свободнорадикального окисления и антиоксидантных систем при

челюстно-лицевой травме и стрессорных воздействиях со сниженной устойчивостью к гипоксии: дис. ... канд. мед. наук / Е.А. Лавин. – Тюмень, 2009. – 118 с.

6. Львовская, Е.И. Процессы перекисного окисления липидов в норме и особенности протекания ПОЛ при физических нагрузках / Е.И. Львовская, Н.М. Григорьева. – Челябинск, 2005. – 88 с.

7. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – Л.: Медицина, 1979. – 298 с.

8. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептанизопропанольных экстрактах крови / И.А. Волчегорский, А.Г. Налимов, Б.Г. Ярвинский, Р.И. Лифшиц // Вопросы мед. химии. – 1989. – № 1. – С. 127–131.

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

10. Дубинина, Е.Е. Роль активных форм кислорода в качестве сигнальных молекул в метаболизме тканей при состояниях окислительного стресса / Е.Е. Дубинина // Вопросы мед. химии. – 2001. – Т. 47, № 6. – С. 561–581.

Поступила в редакцию 29 января 2012 г.