

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Український журнал дитячої ендокринології.— ISSN 2304-005X (Print), ISSN 2523-4277 (Online).— 2019.— № 1.— С. 33—37.

Особенности взаимоотношений показателей оксидативного стресса и липидного обмена у мальчиков-подростков при гипоандрогении

Д. А. Кашкалда¹, Е. А. Будрейко¹, А. В. Косовцова^{1, 2}¹ ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», Харьков² Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Цель работы — изучить взаимоотношения показателей оксидативного стресса и липидного обмена у мальчиков-подростков при гипоандрогении.

Материалы и методы. Проведено обследование 29 подростков 13–18 лет с гипоандрогенией (ГА). Группу сравнения составили 84 мальчика аналогичного возраста с нормальным половым и физическим развитием. Определяли концентрацию тестостерона, показатели свободнорадикального окисления, антиоксидантной системы и липидного обмена. При статистической обработке результатов использовали критерии Вилкоксона—Манна—Уитни, углового преобразования Фишера и коэффициент Пирсона.

Результаты и обсуждение. Установлено, что большинство мальчиков-подростков с ГА имеют дислипидемию IIa типа, которая при высоком уровне оксидативного стресса регистрируется в 2,5 раза чаще. Выявлены различные взаимоотношения про- и антиоксидантных систем с показателями липидного спектра крови у подростков с ГА, характер которых зависит от степени оксидативного стресса. У мальчиков при нормальном (физиологическом) значении коэффициента оксидативного стресса обнаружены множественные межсистемные взаимосвязи, указывающие на главную роль системы антиоксидантной защиты в регуляции липидного обмена, что свидетельствует о достаточно высоких компенсаторно-приспособительных возможностях организма для сохранения функционального состояния на должном уровне. При увеличении степени окислительного стресса складываются другие взаимоотношения между исследованными показателями с подключением механизмов регуляторного влияния тестостерона и свободнорадикального окисления.

Выводы. При увеличении степени окислительного стресса обнаруженная корреляционная связь между показателями свободнорадикального окисления, антиоксидантной системы и липидного обмена свидетельствует о развитии дезадаптационных процессов и является неблагоприятным прогностическим фактором повышенного риска развития атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний, что требует своевременной и эффективной коррекции метаболических изменений.

Ключевые слова: мальчики-подростки, гипоандрогения, свободнорадикальное окисление, антиоксидантная система, липидный обмен.

Несмотря на большое количество работ, посвященных изучению процессов свободнорадикального окисления (СРО) белков и липидов в норме и при патологии, проблема оксидативного стресса, как следствие дисбаланса между гиперпродукцией активных форм кислорода (АФМ) и истощением системы антиоксидантной защиты

(АОЗ), является одним из приоритетных направлений при изучении патогенетических механизмов формирования и развития различных патологических состояний у детей и подростков [5, 19].

Известно, что нарушения метаболических процессов в мужском организме тесно взаимосвязаны с андрогенной недостаточностью. Доказано, что

Стаття надійшла до редакції 26 грудня 2018 р.

оксидативний стресс влияет на уровень тестостерона [20, 21]. Подчеркиваются также про- и антиоксидантные эффекты андрогена [23, 24].

Имеются единичные работы, касающиеся влияния окислительного стресса на репродуктивное здоровье мальчиков подросткового возраста [7, 10].

Выявлен дисбаланс процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и антиоксидантной системы (АОС), свидетельствующий о развитии дезадаптивных процессов в организме подростков.

В последние годы много исследований посвящено изучению взаимосвязи между уровнем мужских половых гормонов (тестостерона) и показателями липидного обмена [4, 25]. Полученные данные свидетельствуют о возможном атерогенном эффекте андрогенов.

В то же время остаются практически неизученными патогенетические механизмы формирования отклонений в состоянии здоровья мальчиков-подростков с гипоандрогенией (ГА), касающиеся роли СРО и системы АОЗ в процессах регуляции метаболизма при дефиците андрогенов.

Цель работы — изучить взаимоотношения показателей оксидативного стресса и липидного обмена у мальчиков-подростков при гипоандрогении.

Материалы и методы

Для решения поставленной цели было проведено обследование 29 подростков 13–18 лет с гипоандрогенией (андрогенной недостаточностью). Группу сравнения составили 84 мальчика аналогичного возраста с нормальным половым и физическим развитием.

Изучали показатели свободнорадикального окисления: концентрацию ТБК-активных продуктов [13], диеновых конъюгатов [18], карбонилированных белков [6]) в сыворотке крови. Исследовали компоненты антиоксидантной системы: активность супероксиддисмутазы (СОД) [14], каталазы [1] в сыворотке крови и уровень восстановленного глутатиона (ВГ) [16] и глутатионпероксидазы (ГПО) [29] в цельной крови.

Определяли в сыворотке крови уровень тестостерона иммуноферментным методом («Бест Диагностик», Украина), общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), β -липопротеидов (β ЛП), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) — фотометрическим методом (Cormeu Multi, Польша). Рассчитывали содержание холестерина в составе липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), очень низкой плотности (ХС ЛПОНП) и коэффициент атерогенности (КА).

При статистической обработке результатов использовали пакет программ Statgraphics Plus 5.1, критерии Вилкоксона—Манна—Уитни (u) и углового преобразования Фишера (ϕ). Корреляционный анализ проводился с помощью коэффициента Пирсона (r).

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований у подростков при ГА установлена вариабельность показателей процессов СРО и АОС, которая указывает как на увеличение, так и на снижение содержания исследованных параметров по сравнению с группой сравнения. Для более объективной оценки состояния про- и антиоксидантных процессов мы ввели интегральный показатель отношения продуктов СРО к уровню ферментов АОЗ (коэффициент оксидативного стресса — КОС), который часто используется в исследованиях для уточнения механизмов развития патологического состояния больных, а также при формировании групп повышенного риска [26]. В зависимости от величины КОС больные были распределены на две равнозначные по количеству группы. Первая группа — с нормальным КОС, уровень которого не отличался от показателей в группе сравнения — $(12,16 \pm 0,32)$ у. е. и составлял $(11,39 \pm 0,24)$ у. е.; вторая группа — с высоким КОС, показатель которого — $(16,61 \pm 0,65)$ у. е. почти в 1,5 раза превышал показатель у подростков первой группы.

Исследование показателей липидного спектра крови у пациентов при ГА выявило повышение уровней ОХС (у 62,1 %), ХС ЛПНП (у 51,7 %), β ЛП (у 79,3 %), ТГ (у 17,2 %), КА (у 7 %) относительно группы сравнения. Содержание ХС ЛПОНП и ХС ЛПВП не изменялось. Учитывая полученные результаты, было установлено, что почти половина подростков (44,8 %) при ГА имеют дислипидемию IIa типа, то есть увеличение содержания ОХС и ХС ЛПНП при нормальных показателях ТГ и ХС ЛПОНП [15]. Высокий процент дислипидемии у обследованных больных свидетельствует о важной ее роли в развитии ГА.

Следует отметить, что в зависимости от степени оксидативного стресса частота встречаемости дислипидемии различна. В частности, при высоких показателях КОС у мальчиков с андрогенной недостаточностью дислипидемия IIa типа регистрируется в 2,5 раза чаще (64,3 % и 26,7 %; $p < 0,05$), что свидетельствует о взаимосвязи дисбаланса про- и антиоксидантной системы с нарушениями липидного обмена [9, 22].

Проведя корреляционный анализ, мы проследили наличие достаточно сильных и выраженных связей между исследованными показателями, характер взаимодействия которых зависел от степени КОС. У пациентов первой группы прослеживается прямая зависимость уровня ВГ практически со всеми показателями липидного спектра крови: с ОХС ($r = 0,60$; $p < 0,006$), ХС ЛПНП ($r = 0,60$; $p < 0,01$), β ЛП ($r = 0,75$; $p < 0,001$), КА ($r = 0,53$; $p < 0,04$). Установленная взаимосвязь обусловлена, по-видимому, высокими компенсаторными возможностями одного из главных компонентов глутатионовой системы антиоксидантной защиты при изменении уровня липидов атерогенного класса.

Известно, что функции глутатиона в организме разнообразны: защита от активных форм кислорода, поддержание оптимального состояния биомембран, повышение клеточной резистентности к вредным воздействиям, влияние на активность многочисленных ферментов, в том числе антиоксидантных, участие в метаболизме эйкозаноидов, нуклеиновых кислот, ксенобиотиков [17]. Поэтому снижение восстановленной формы глутатиона значительно уменьшает устойчивость клеток и организма в целом к различным повреждающим факторам [11].

Также у подростков с нормальной степенью окислительного стресса наблюдается выраженная прямая взаимосвязь между содержанием ГВ и активностью ГПО ($r = 0,75$; $p < 0,02$), подтверждающая реакции взаимодействия глутатиона с гидроперекисями жирных кислот и перекисями водорода при непосредственном участии ГПО [2, 12].

Одновременно с этим отмечается достаточно сильная отрицательная связь концентрации ГВ и активности ГПО с уровнем ТБК-активных продуктов (соответственно $r = -0,75$; $p < 0,02$ и $r = -0,86$; $p < 0,000001$). Доказано, что ферментативные и неферментативные ингибиторы СРО биомолекул, способные инактивировать активные формы кислорода, могут осуществлять обрыв цепей на стадии зарождения липидных радикалов и гидроперекисей липидов. Поскольку эффективность взаимодействия гидроксильных радикалов с полиеновыми липидами исключительно высока, для ограничения последующих стадий надежность АОС предусматривает слаженную работу ферментных и неферментных компонентов глутатионовой системы защиты [19, 30].

Взаимосвязь про- и антиоксидантных систем с показателями липидного обмена отмечается у мальчиков-подростков с нормальной степенью окислительного стресса и при исследовании антирадикального фермента — СОД, которая играет главную роль в регуляции СРО на стадии образования супероксидного радикала и ограничения иницирования последующих стадий перекисидации липидов. Широкое участие супероксидных радикалов в ферментативных реакциях синтеза простагландинов и метаболизма ксенобиотиков, а также клеточной пролиферации и экспрессии отдельных генов позволяет рассматривать СОД как фермент, выполняющий не только защитную, но и регуляторную функцию, будучи ключевым звеном системы регуляции стационарной концентрации супероксидных радикалов [11, 27]. В частности, прослеживается положительная связь активности СОД с уровнем ХС ЛПВП ($r = 0,59$; $p < 0,01$), что отображает, очевидно, синергическое действие одного из главных ферментов первой линии защиты АОС и уровня липидов антиатерогенного класса для предотвращения атерогенеза в условиях гипоандрогенности у мальчиков [3]. Выявлена прямая взаимосвязь

активности СОД с каталазой ($r = 0,54$; $p < 0,03$) и содержанием ДК ($r = 0,56$; $p < 0,02$), что подчеркивает слаженную работу ферментов I линии АОС в обезвреживании как супероксидного аниона — опасного свободного радикала, так и перекисей липидов, препятствуя развитию цепного окислительного процесса, то есть антиоксидантная защита реализуется уже на первых этапах блокирования перекисидации.

При высоком КОС у мальчиков-подростков с ГА регуляторные взаимоотношения имеют иной характер: рушится связь между ГВ и показателями липидного обмена, но при этом остается более выраженная прямая взаимосвязь между активностью СОД и содержанием ДК ($r = 0,74$; $p < 0,006$) и обратная — между ГПО и ТБК-активными продуктами ($r = -0,54$; $p < 0,04$). Негативная корреляционная связь возникает между активностью ГПО и уровнем ДК ($r = -0,70$; $p < 0,01$). Выявленная отрицательная связь между одним из основных антиоксидантных ферментов и продуктами свободнорадикальных процессов, по-видимому, свидетельствует о несостоятельности глутатионовой системы в предотвращении образования перекисей липидов и обрыве цепной реакции процессов перекисидации.

Характерной особенностью взаимоотношений изученных показателей у подростков с андрогенной недостаточностью при высокой степени окислительного стресса является появление множественных довольно сильных негативных связей концентрации тестостерона с липидами атерогенного класса: с уровнями ОХС ($r = -0,64$; $p < 0,01$), ХС ЛПНП ($r = -0,70$; $p < 0,005$) и β ЛП ($r = -0,67$; $p < 0,01$). Аналогичная взаимосвязь между сниженным уровнем тестостерона и показателями липидного спектра крови встречается у взрослых мужчин с андрогенной недостаточностью [4, 8]. Высказывается мнение о связи низкого уровня тестостерона с факторами риска ИБС.

Также обнаружена четкая связь между содержанием тестостерона и КБ ($r = 0,58$; $p < 0,04$). Очевидно, у мальчиков при высоком уровне окислительного стресса низкая концентрация тестостерона оказывает прооксидантный эффект, приводя к увеличению образования продуктов СРО белков [23, 28]. В то же время можно предположить, что в условиях высокого уровня окислительного стресса дислипидемия, с одной стороны, и увеличенная концентрация карбонилированных белков, с другой, оказывают негативное влияние на содержание мужских половых гормонов у мальчиков-подростков.

Выводы

Таким образом, в результате полученных исследований установлено, что большинство мальчиков-подростков с ГА имеют дислипидемию

Па типа, которая при высоком уровне оксидативного стресса регистрируется в 2,5 раза чаще.

На основании корреляционного анализа выявлены различные взаимоотношения про- и антиоксидантных систем с показателями липидного спектра крови у подростков с ГА, характер которых зависит от степени оксидативного стресса. У мальчиков при нормальном (физиологическом) значении КОС обнаружены множественные межсистемные взаимосвязи, указывающие на главную роль системы антиоксидантной защиты (ВГ и СОД) в регуляции липидного обмена, что свидетельствует о достаточно высоких компенсаторно-приспособительных возможностях организма для

сохранения функционального состояния на должном уровне.

При увеличении степени окислительного стресса складываются другие взаимоотношения между исследованными показателями с подключением механизмов регуляторного влияния тестостерона и СРО (ДК и КБ). Такую перестройку, которая происходит на фоне отсутствия ведущих связей АОС с показателями липидного обмена, мы наблюдали при низком уровне КОС, что является неблагоприятным прогностическим фактором повышенного риска развития атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний и требует своевременной и эффективной коррекции метаболических изменений.

Конфликт интересов отсутствует. Участие авторов: обработка материала, анализ полученных данных, написание текста — Д. А. Кашкалда; концепция и дизайн исследования — [Е. А. Бударейко]; сбор данных, редактирование текста — А. В. Косовцова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабой В. А., Орел В. Э., Карнаух И. М. Перекисное окисление липидов и радиация. — К.: Наукова думка, 1991. — 256 с.
2. Барабой В. А. Биоантиоксиданты. — К.: Книга плюс, 2006. — 462 с.
3. Ватулин Н. Т., Ельский В. Н., Чупина В. А. Роль воспаления в атерогенезе (обзор литературы) // Журнал АМНУ. — 2000. — № 3. — С. 520—533.
4. Ворслов Л. О., Моргунов Л. Ю. Взаимосвязь между снижением уровня тестостерона у мужчин и нарушением липидного обмена // Терапевт. — 2007. — № 12. — С. 59—65.
5. Гаврилова О. А. Особенности процесса перекисного окисления липидов в норме и при некоторых патологических состояниях у детей (обзор литературы) // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2017. — Т. 2, № 4. — С. 15—22.
6. Дубинина Е. Е., Морозова С. Г., Леонова Н. В. и др. Окислительная модификация белков плазмы крови больных психическими расстройствами // Вопросы медицинской химии. — 2000. — Т. 46 (4). — С. 398—409.
7. Загарских Е. Ю. Медико-социальные аспекты формирования нарушений репродуктивного потенциала у мальчиков подросткового возраста, проживающих в промышленных центрах // Междунар. эндокрин. журн. — 2011. — № 1 (33). — С. 108—117.
8. Зайцев Д. Н., Говорин А. В. Содержание тестостерона и сывороточных липидов у больных хроническим простатитом // Дальневосточный медицинский журнал. — 2012. — № 2. — С. 44—47.
9. Клычникова Е. В., Матвеев С. Б., Рябинин В. А. и др. Окислительный стресс, липидный обмен и их взаимосвязь у больных с тяжелым течением гипертонической болезни в сочетании со стенозом сонных артерий // Клиническая лабораторная диагностика. — 2012. — № 5. — С. 20—22.
10. Колесникова Л. И., Сутурина Л. В., Лабыгина А. В. и др. Состояние репродуктивного здоровья, процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы подростков, проживающих в крупном промышленном центре Ангарск // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2005. — № 5. — С. 42—47.
11. Колесникова Л. И., Курашова Н. А., Гребенкина Л. А. и др. Особенности антиоксидантной системы у подростков Восточной Сибири в зависимости от гендерной и этнической принадлежности // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2013. — № 4 (92). — С. 136—140.
12. Коржов В. И., Жадан В. Н., Коржов М. В. Роль системы глутатиона в процессах детоксикации и антиоксидантной защиты (обзор литературы) // Журнал Національної академії медичних наук України. — 2007. — Т. 13, № 1. — С. 3—19.
13. Коробейников Э. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело. — 1989. — № 7. — С. 8—10.
14. Костюк В. А., Потапович А. К., Ковалева Ж. А. Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кварцетина // Вопросы мед. химии. — 1990. — Т. 36, № 2. — С. 28—35.
15. Лутай М. І. Дисліпідемії: клінічне значення та класифікації // Нова медицина. — 2003. — № 4 (9). — С. 16—21.
16. Мишенева В. В., Горюхина Т. А. Наличие глутатиона в нормальных и опухолевых тканях человека и животных // Вопросы онкологии. — 1968. — Т. 14, № 10. — С. 46—49.
17. Нагорная Н. В., Четверик Н. А. Оксидативный стресс. Влияние на организм человека, методы оценки // Здоровье ребенка. — 2010. — № 2 (23). — С. 140—145.
18. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Современные методы в биохимии. — 1977. — С. 63—64.
19. Тяжка О. В., Загородня Я. М. Стан перекисного окислення ліпідів та антиоксидантної системи у дітей різного віку // Перинатология и педиатрия. — 2016. — № 2 (66). — С. 101—105.
20. Abdel-Khalek H. Younesa, Mohammed Essam M. Alib, Essam-Eldeen M. Mohameda et al. Semen parameters, serum testosterone, and oxidative stress in primary and secondary infertile men with varicocele El-Melegyc and Taymour Mostafad // Human Andrology. — 2011. — N 1. — P. 44—47.
21. Adekola1 S. A., Charles-Davies1 M. A., Onifade1 A.A., Okoli S. U. Oxidative stress biomarkers and their relationship with testosterone in male auto mechanics in Ibadan, Nigeria // British Journal of Medicine & Medical Research. — 2016. — N 12 (9). — P. 1—11.
22. Ahotupa M., Suomela J. P., Vuorimaa T., Vasankari T. Lipoprotein-specific transport of circulating lipid peroxides // Ann. Med. — 2010. — N 42 (7). — P. 521—529.
23. Alonso Alvarez C., Bertrand S., Faivre B., Chastel O. et al. Testosterone and oxidative stress: the oxidation handicap hypothesis // Proc. Biol. Sci. — 2007. — N 274. — P. 819—825.
24. Douglas Popp Marin, Anaysa Paola Bolin, Rita de Cassia Macedo dos Santos et al. Testosterone suppresses oxidative stress in human neutrophils // Cell. Biochem. Funct. — 2010. — N 28. — P. 394—402.
25. A. Elisabeth Hak, Jacqueline C. M. Witterman, Frank H. de Long et al. Low levels of endogenous androgens increase the risk of atherosclerosis in elderly men The Rotterdam Study // Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. — 2002. — Vol. 87, N 8. — P. 3632—3639.
26. Kolesnikova L. I., Semyonova N. V., Grebenkina L. A. et al. Integral indicator of oxidative stress in human blood // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. — 2014. — N 157 (6). — P. 715—717.
27. Lankin V. Z., Tikhaze A. K., Kapel'ko V. I. et al. Mechanisms of oxidative modification of low density lipoproteins under conditions of oxidative and carbonyl stress. Biochemistry (Mosc). — 2007. — N 72 (10). — P. 1081—1090.
28. Mancini A., Leone E., Festa R. et al. Effects of testosterone on antioxidant systems in male secondary hypogonadism // J. Androl. — 2008. — N 29. — P. 622—629.
29. Mills G. C. The purification and properties of glutathione peroxidase of erythrocytes // J. Biol. Chem. — 1959. — Vol. 234, N 3. — P. 502—506.
30. Zhou L. L., Hou F. F., Wang G. B. et al. Accumulation of advanced oxidation protein products induces podocyte apoptosis and deletion through NADPH-dependent mechanisms. Kidney Int. — 2009. — N 76. — P. 1148—1160.

Особливості взаємовідношень показників оксидативного стресу і ліпідного обміну у хлопців-підлітків при гіпоандрогенії

Д. А. Кашкалда¹, О. А. Будрейко¹, Г. В. Косовцова^{1, 2}

¹ ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», Харків

² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Мета роботи — вивчити взаємовідношення показників оксидативного стресу і ліпідного обміну у хлопців-підлітків при гіпоандрогенії.

Матеріали та методи. Проведено обстеження 29 підлітків 13–18 років з гіпоандрогенією (ГА). Групу порівняння склали 84 хлопців аналогічного віку з нормальним статевим і фізичним розвитком. Визначали концентрацію тестостерону, показники вільнорадикального окиснення, антиоксидантної системи і ліпідного обміну. При статистичній обробці результатів використовували критерії Вілкоксона–Манна–Уїтні, кутового перетворення Фішера й коефіцієнт Пірсона.

Результати та обговорення. Встановлено, що більшість хлопців-підлітків із ГА мають дисліпідемію ІІа типу, яка при високому рівні оксидативного стресу реєструється в 2,5 рази частіше. Виявлено різні взаємовідношення про- та антиоксидантних систем з показниками ліпідного спектра крові у підлітків із ГА, характер яких залежить від ступеня оксидативного стресу. У хлопців при нормальному (фізіологічному) значенні коефіцієнта оксидативного стресу виявлені множинні міжсистемні взаємозв'язки, що вказують на головну роль системи антиоксидантного захисту в регуляції ліпідного обміну, що свідчить про досить високі компенсаторно-приспосувальні можливості організму для збереження функціонального стану на належному рівні. При збільшенні ступеня окиснювального стресу складаються інші взаємини між дослідженими показниками з підключенням механізмів регуляторного впливу тестостерону і вільнорадикального окиснення.

Висновки. При збільшенні ступеня окиснювального стресу виявлений кореляційний зв'язок між показниками вільнорадикального окиснення, антиоксидантної системи і ліпідного обміну свідчить про розвиток дезадаптаційних процесів і є несприятливим прогностичним чинником підвищеного ризику розвитку атеросклерозу і серцево-судинних захворювань, що вимагає своєчасної та ефективної корекції метаболічних змін.

Ключові слова: хлопці-підлітки, гіпоандрогенія, вільнорадикальне окиснення, антиоксидантна система, ліпідний обмін.

Features of the relationship between indicators of oxidative stress and lipid metabolism in adolescent boys with hypoandrogenism

D. A. Kashkalda¹, O. A. Budreiko¹, G. V. Kosovtsova^{1, 2}

¹ SI «Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine», Kharkiv

² V. N. Karazin Kharkiv National University

Objective — to study the relationship between indicators of oxidative stress and lipid metabolism in adolescent boys with hypoandrogenism (HA).

Materials and methods. A survey of 29 adolescents aged 13–18 years with HA was conducted. The comparison group consisted of 84 boys of similar age with normal sexual and physical development. The concentration of testosterone, indicators of free radical oxidation, antioxidant system and lipid metabolism were measured. The results were aggregated using the Wilcoxon–Mann–Whitney criteria, the Fisher angular transform, and the Pearson coefficient.

Results and discussion. It has been established that the majority of adolescent boys with HA have type IIa dyslipidemia, which is recorded 2.5 times more often with a high level of oxidative stress. Various interrelationships between pro and antioxidant systems with indices of blood lipid spectrum in adolescent boys with HA are revealed, the pattern depends on the degree of oxidative stress. In boys, with normal (physiological) value of the oxidative stress coefficient, multiple intersystem interactions were found indicating the main role of the antioxidant defense system in regulating lipid metabolism, which indicates a sufficiently high compensatory and adaptive capabilities of the body to maintain the functional state at the proper level. With an increase in the degree of oxidative stress, there are other relationships between the studied parameters with the connection of the mechanisms of the regulatory influence of testosterone and free radical oxidation. In boys, with normal (physiological) value of the oxidative stress coefficient, multiple intersystem interactions were found indicating the main role of the antioxidant defense system in regulating lipid metabolism, which indicates a sufficiently high compensatory and adaptive capabilities of the body to maintain the functional state at the proper level. With an increase in the degree of oxidative stress, other relationships between the studied parameters occur, with emergence of regulatory influence of testosterone and free radical oxidation.

Conclusions. With an increase in the degree of oxidative stress, the detected correlation between the indicators of free radical oxidation, antioxidant system and lipid metabolism suggests the development of maladaptive processes and emerges as an unfavorable prognostic factor for an increased risk of atherosclerosis and cardiovascular diseases, which requires timely and effective correction of metabolic changes.

Key words: adolescent boys, hypoandrogenism, free radical oxidation, antioxidant system, lipid metabolism.