DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-2-132-137

УДК 615.272.543

Ю.В. Болдырева[1], Е.А. Гаджиумарова[1], И.А. Лебедев[1], М.Н. Алехина[2], С.В. Адамчук[1]

АНТИОКСИДАНТЫ: СВОЙСТВА, МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ

[1] ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, Российская Федерация;
[2] ГАУЗ ТО Городская поликлиника №8, г. Тюмень, Российская Федерация

Резюме. Неблагоприятное воздействие на организм ряда факторов внешней и внутренней среды способствует образованию свободных радикалов (СР). Увеличение содержания последних может привести к возникновению ряда серьезных заболеваний, таких как: бронхиальная астма, сахарный диабет, онкологические заболевания, преждевременное старение организма и др. Это значительно повышает уровень инвалидизации, а порой и смертность среди населения, в связи с чем профилактика названных патологий является актуальной задачей современного общества. В качестве эффективных профилактических средств можно рекомендовать молекулы антиоксидантов (АО), о которых речь пойдет в данной статье. Рассматриваются вопросы, характеризующие АО как биологически значимые молекулы. В работе представлены: понятие АО, их свойства, механизм действия, классификация и функции; описываются области применения и способы влияния АО на организм. Показано, что АО, наряду с белками, жирами, углеводами должны являться неотъемлемой частью рациона питания. Организм нуждается в постоянном поступлении АО, с целью поддержания баланса между взаимодействием внутренней и внешней среды.

Ключевые слова: антиоксиданты, свободные радикалы, витамин Е, клеточные мембраны, супероксиддисмутаза, каталаза

Конфликт интересов отсутствует.
Контактная информация автора, ответственного за переписку:
Лебедев Илья Аркадьевич
lebedef@inbox.ru
Дата поступления 03.06.2021 г.
Образец цитирования:
Болдырева Ю.В., Гаджиумарова Е.А., Лебедев И.А., Алехина М.Н., Адамчук С.В. Антиоксиданты: свойства, механизм действия, применение. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2021, Том 18, №2, с. 132–137, DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-2-132–137

Доказано, что окислительный стресс (ОС) оказывает отрицательное влияние на организм, поскольку приводит к развитию многих заболеваний, что не только снижает качество жизни, но и ее продолжительность. Среди причин, приводящих к развитию ОС, выделяют: внешние причины (физические агенты, химические вещества, инфекции, сильнодействующие токсичные лекарственные препараты, социальные заболевания, стресс и пр.) и внутренние причины (ускорение клеточного метаболизма и некоторые заболевания внутренних органов).

Все АО принято классифицировать по:

А) механизму действия:

– косвенного действия;

– прямого действия;

Б) химической структуре:

on-line ISSN 2500-0918
vestnikural.ru

– ферментативной природы;
– неферментативной природы;
В) происхождению:
– эндогенные;
– экзогенные [1, 2].

Ниже будет дана характеристика отдельных классов АО:

А. АО косвенного действия проявляют активность *in vivo* (в организме) и неэффективны *in vitro* (вне организма), стимулируют АО систему и способны уменьшать интенсивность свободно-радикального окисления (СРО). Их механизм действия заключается в стимуляции активности или реактивации ферментов АОС, угнетении процессов, которые приводят к накоплению активных форм кислорода (АФК), смещению процессов СРО в сторону образования менее реакционно-способных соединений.

Б. АО прямого действия обладают выраженными антирадикальными свойствами, которые определяются в тестах *in vitro*. Основная часть лекарственных препаратов, обладающих АО-эффектом, относится к этой группе. АО прямого действия подразделяют:

А) донаторы протона;
Б) полиены;
В) катализаторы, к которым относятся:

1) имитаторы супероксиддисмутазы (СОД). СОД катализирует процесс дисмутации супероксид-анион-радикала;

2) имитаторы гидропероксидов (ГП). ГП совместно с глутатионом катализируют процесс перехода органических ГП и H_2O_2 в инертные соединения и воду.

Среди АО экзогенного происхождения стоит упомянуть следующие молекулы:

Ресвератрол ($C_{14}H_{12}O_3$) — соединение растительного происхождения. Содержится в арахисе, винограде, некоторых видах ягод, в красном вине. В экспериментах были установлены противоопухолевое, противовоспалительные, гипогликемическое и кардиопротекторное действия ресвератрола.

Ликопин (каротиноиды) $C_{40}H_{56}$ — вещество, которое замедляет развитие атеросклероза, а также обеспечивает защиту ДНК от разрушения молекулы, что может предотвращать онкогенез. Потребление ликопина и ликопинсодержащих продуктов приводит к достоверному уменьшению маркеров ОС.

Каротиноиды после попадания в организм метаболизируются с образованием витамина А. Всего известно около 500 видов каротиноидов. Наибольшее значение и известность принадлежит β-каротину, который в результате метаболических реакций в печени превращается в витамин А. Ему присуща, в том числе, и АО функция.

Среди АО эндогенного происхождения стоит упомянуть следующие молекулы:

Мелатонин ($C_{13}H_{16}N_2O_2$) — нейропептид, синтезируется в эпифизе. Благодаря мелатонину эпифиз организовывает весь суточный периодизм и циклические процессы. Мелатонин выделяется в кровеносное русло и ликвор, после чего попадает в гипоталамус, где он накапливается и транспортируется белком альбумином. В дальнейшем соединяется с рецепторами на биологической мембране клеток-мишеней, проникая в ядро, где оказывает свое влияние. В медицинской практике широко применяется при лечении нарушений сна.

Каталаза — гемсодержащий фермент, катализирует разрушение перекиси и водорода: $H_2O_2 + RH_2 = R + 2H_2O$. Этот тип окислительных реакций особенно важен в клетках печени и почек, пероксисомы которых обезвреживают ядовитые вещества, попадающие в кровоток. Половина поступающего в организм этанола окисляется до ацетальдегида этим способом. Еще данная реакция имеет значение для детоксикации клеток от перекиси водорода.

Из вышеназванных групп АО в медицине нашли широкое применение полиены (каротиноиды, ретинол) и донаторы протонов (пробукол, токоферол, аскорбиновая кислота), которые более эффективны против перекисного окисления липидов (ПОЛ), но оказывают слабое защитное действие белкам и нуклеиновым кислотам от окислительного воздействия [5, 7].

Рассмотрим некоторые патологические состояния, характеризующиеся дефицитом АО.

Недостаточность витамина А — ухудшает состояние врожденного и адаптивного иммунитета и приводит к нарушению функционирования слизистых оболочек, снижается активность нейтрофилов, макрофагов и киллерных клеток. Витамин А применяют при заболеваниях офтальмологического профиля, инфекциях, гастроэнтерологических и сердечно-сосудистых проблемах. В крупнейшем методологиче-

DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-2-132-137

ском анализе было продемонстрировано, что назначение витамина А детям с недостаточным питанием и при низком уровне ретинола в сыворотке крови приводит к достоверному снижению частоты инфекций нижних отделов респираторного тракта. Прием витамина А в составе комплексной терапии позволил достоверно (на 42%) снизить смертность детей, госпитализированных с пневмонией. Аналогичные эффекты показаны при туберкулезе и ряде других заболеваниях респираторного тракта у детей.

В исследованиях среди часто болеющих детей, принимавших препараты β-каротина, не только снижается частота ОРВИ, но и сокращается продолжительность заболевания, уменьшается выраженность клинической симптоматики, реже развиваются осложнения.

Недостаточность витамина Е часто отмечается у недоношенных детей, а также при заболеваниях печени и желчевыводящих путей, инфекционно-воспалительных заболеваниях кишечника, поджелудочной железы и пневмонии. Продемонстрирована эффективность использования витамина Е при нефрологических и других хронических воспалительных заболеваниях почек и мочевыводящих путей; жировом перерождении печени. Витамин Е обеспечивает восстановление эндотелиальной функции, снижает активность ПОЛ и ОС. Применяется для профилактики и лечения бронхиальной астмы, атопических заболеваний.

Недостаточность витамина С. Наблюдается при многих острых и хронических заболеваниях желудочно-кишечного тракта, печени, поджелудочной железы, почек, при инфекционных заболеваниях и др. Доказана эффективность витамина С в терапии неврологических и психиатрических заболеваний. Обсуждается значение витамина С в профилактике и комплексном лечении бронхиальной астмы, нарушений ритма сердца, онкологической патологии и для нормального физического и умственного развития детей и подростков.

Хочется еще раз подчеркнуть, что присутствие АО в рационе питания является важной составляющей. Они позволяют осуществлять физиологическое протекание большинства биохимических процессов. АО регулируют баланс между процессами синтеза и лизисом АФК. АО работают парами, успевая окисляться и в то же время восстанавливаться. Применение АО при различных патологических состояниях активно используется в медицине. Благодаря АО системе, организм способен противостоять высокой скорости окислительных процессов, а значит, для каждой клетки сохраняется её генетически детерминированная продолжительность жизни. С другой стороны, в том числе за счет ПОЛ в организме протекает апоптоз — запрограммированная гибель клеток; если этот процесс не будет происходить своевременно, то возможно перерождение клетки. Учитывая вышеприведенные данные, можно смело утверждать, что АО являются сопрягающим фактором двух разнонаправленных механизмов, которые поддерживают жизнедеятельность организма [3, 5, 6].

Заключение

АО — вещества, которые обладают способностью вступать во взаимодействие с АФК и приводить их к частичной или полной дезактивации. АО блокируют процесс окисления путем нейтрализации СР, за счет чего сами начинают окисляться. От избытка СР в организме защищает АО система, способная нейтрализовать вредное воздействие АФК. Эта система работает у человека с рождения и всю жизнь, ослабевая постепенно с годами и требуя постоянной дотации и поддержки. АО система является универсальной регулирующей системой организма, обеспечивающей баланс между производством и уничтожением АФК. Нарушение этого баланса приводит к ОС. При ОС АФК повреждают стенки сосудов, молекулы белков, ДНК, липидов. Они особенно активно взаимодействуют с мембранными липидами, содержащими ненасыщенные связи, изменяя свойства клеточных мембран. Все это приводит к развитию той или иной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия: учебник/ под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 768 с. : ил.
2. Бурлакова Е.Б. Перекисное окисление липидов мембран и природные антиоксиданты / Е.Б. Бурлакова, Н.Г. Храпова // Успехи химии. 1998. Т.52. №9. С.540-558.
3. Бурлакова Е.Б., Крашаков С.А., Храпова Н.Г. Роль токоферолов в пероксидном окислении липидов биомембран. Биологические мембраны. – М., 1998. — С. 132-148.
4. Винокурова Е.А., Франк Н.Н., Боярских Н.В., Яскевич Н.Н. Антиоксидантная активность и перекисное окисление липидов у больных раком эндометрия // Сибирский онкологический журнал. 2007.

on-line ISSN 2500-0918
vestnikural.ru

№ S1. С. 125-126.
5. Зенков Н.К., Панкин В.З., Меньшикова Е.Б. Окислительный стресс: биохимический и патофизиологический аспекты. – М.: Наука. Интерпериодика; 2010. – С. 220-316.
6. Золотова Л.Ю., Нагаева М.О., Анисимова И.В., Золотов А.Н. Характеристика основных иммунологических показателей ротовой жидкости пациентов с заболеваниями слизистой рта, осложненными дисбиозом // Медицинская наука и образование Урала. 2014. Т. 15. № 1 (77). С. 7-10.
7. Чернова А.Л., Винокурова Е.А., Баклаева Н.Б. Состояние гемостаза и перекисного окисления липидов при лапароскопических операциях на придатках матки // Тромбоз, гемостаз и реология. 2006. № 3 (27). С. 44-51.

Авторы
Болдырева Юлия Викторовна
ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет
Кандидат медицинских наук
Российская Федерация, 625023, Тюмень, улица Одесская, д. 54
ORCID: 0000-0002-3276-7615
eLibrary SPIN: 1449-4485
tgma.06@mail.ru

Гаджиумарова Елена Александровна
ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет
Студентка педиатрического факультета
Российская Федерация, 625023, Тюмень, улица Одесская, д. 54

Лебедев Илья Аркадьевич
ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет
Доктор медицинских наук
Российская Федерация, 625023, Тюмень, улица Одесская, д. 54
ORCID: 0000-0001-5405-7182
eLibrary SPIN: 6155-1308
lebedef@inbox.ru

Алехина Мария Николаевна
ГАУЗ ТО Городская поликлиника №8, г. Тюмень
Врач-терапевт
Российская Федерация, 625031, Тюмень, улица Ватутина, д. 10 Б

Адамчук Софья Вадимовна
ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет
Студентка педиатрического факультета
Российская Федерация, 625023, Тюмень, улица Одесская, д. 54

Yu.V. Boldyreva[1], E.A. Gadjiumarova[1], I.A. Lebedev[1], M.N. Alyokhina[2], S.V. Adamchuk[1]

ANTIOXIDANTS: PROPERTIES, MECHANISM OF ACTION, APPLICATION

[1] Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation;
[2] City Polyclinic No. 8, Tyumen, Russian Federation

Abstract. The adverse effect on the body of a number of factors of the external and internal environment contributes to the formation of free radicals (SR). An increase in the content of the latter can lead to a number

of serious diseases, such as: bronchial asthma, diabetes mellitus, oncological diseases, premature aging of the body, etc. This will significantly increase the level of disability, and sometimes even mortality among the population. In this connection, the prevention of these pathologies is an urgent task of modern society. As an effective preventive means, we can recommend the antioxidant molecules (AO), which will be discussed in this article. The issues characterizing AO as biologically significant molecules are considered. The article presents: the concept of AO, their properties, mechanism of action, classification and functions; describes the areas of application and ways of influencing AO on the body. It is shown that AO, along with proteins, fats, carbohydrates, should be an integral part of the diet. The body needs a constant supply of AO, in order to maintain a balance between the interaction of the internal and external environment.

Keywords: antioxidants, free radicals, vitamin E, cell membranes, superoxide dismutase, catalase

There is no conflict of interest.
Contact details of the corresponding author:
Ilya A. Lebedev
lebedef@inbox.ru
Received 03.06.2021г
For citation:
Boldyreva Yu.V., Gadjiumarova E.A., Lebedev I.A., Alyokhina M.N., Adamchuk S.V. Antioxidants: properties, mechanism of action, application. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2021, Vol. 18, no. 2, pp. 132–137. DOI: 10.22138/2500-0918-2021-18-2-132–137(In Russ)

REFERENCES

1. Biochemistry: textbook. E. S. Severin. Moscow: GEOTAR-Media, 2013. 768
2. Burlakova E. B. The peroxide oxidation of membrane lipids and natural antioxidants. E. B. Burlakova, N. G. Khrapova. Uspekhi khimii. 1998. Vol. 52. No. 9. pp. 540-558.
3. Burlakova E. B., Krashakov S. A., Khrapova N. G. The role of tocopherols in the peroxide oxidation of biomembrane lipids. Biological membranes. M., 1998. - pp. 132-148.
4. Vinokurova E. A., Frank N. N., Boyarskikh N. V., Yaskevich N. N. Antioxidant activity and lipid peroxidation in patients with endometrial cancer. Siberian Oncological Journal. 2007. No. S1. pp. 125-126.
5. Zenkov N. K., Pankin V. Z., Menshikova E. B. Oxidative stress: biochemical and pathophysiological aspects. - M.: Nauka. Interperiodics; 2010. - pp. 220-316.
6. Zolotova L. Yu., Nagaeva M. O., Anisimova I. V., Zolotov A. N. Characteristics of the main immunological parameters of the oral fluid of patients with diseases of the oral mucosa complicated by dysbiosis. Medical science and education of the Urals. 2014. Vol. 15. No. 1 (77). pp. 7-10.
7. Chernova A. L., Vinokurova E. A., Baklaeva N. B. The state of hemostasis and lipid peroxidation during laparoscopic operations on the uterine appendages. Thrombosis, hemostasis and rheology. 2006. No. 3 (27). pp. 44-51.

Authors
Yulia V. Boldyreva
Tyumen State Medical University
PhD
54 Odesskaya street Tyumen Russian Federation 625023
ORCID: 0000-0002-3276-7615
eLibrary SPIN: 1449-4485
tgma.06@mail.ru

Elena A. Gadjiumarova
Tyumen State Medical University
Student of the Pediatric Faculty
54 Odesskaya street Tyumen Russian Federation 625023

Ilya A. Lebedev
Tyumen State Medical University
MD
54 Odesskaya street Tyumen Russian Federation 625023
ORCID: 0000-0001-5405-7182
eLibrary SPIN: 6155-1308
lebedef@inbox.ru

Maria N. Alyokhina
City Polyclinic No. 8, Tyumen
General practitioner
10B Vatutina street Tyumen Russian Federation 625031

Sofia V. Adamchuk
Tyumen State Medical University
Student of the Faculty of Pediatrics
54 Odesskaya street Tyumen Russian Federation 625023