

ЛИТЕРАТУРА

1. Закошиков, К. Ф. Гипокситерапия – «Горный воздух» / К. Ф. Закошиков. – М.: «Бумажная галерея», 2002. – 64 с.
2. Меерсон, Ф. З. Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации / Ф. З. Меерсон. – М.: Нурохиа Medical, 1993. – 331с.

КОРРЕКЦИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА ФУЛЛЕРЕНОМ C₆₀

Сущевич В. В.

*Минская ордена Трудового Красного Знамени областная клиническая больница
аг. Лесной, Беларусь*

Введение. Оксидативный стресс (ОС) проявляется повреждениями на уровне клеток (белков, липидов, нуклеиновых кислот, биологических мембран клеток и митохондрий) избытком свободных радикалов кислорода, что индуцирует патологические состояния: хроническую усталость, преждевременное старение, снижение общего иммунитета, частую головную боль, ухудшение памяти и ряд проблем с кожей. Симптоматика ОС часто маскируется под другие заболевания, включая суставные боли и бессонницу.

Свободные радикалы кислорода в организме (прооксиданты) – это продукт метаболизма, ряда биохимических реакций и техногенного воздействия на организм.

Для противодействия процессам ОС в организме существует антиоксидантная система (АОС) – совокупность защитных механизмов, направленных на элиминацию прооксидантов и репарацию ДНК и сохранение гомеостаза в организме. Однако, кроме эндогенных дефектов в работе АОС, существует ряд внешних факторов, резко снижающих активность АОС.

Ученый мир, озабоченный ростом патологических синдромов и болезней, обусловленных прооксидантами, в том числе как одного из основных механизмов старения организма, ведет интенсивный поиск метаболитов, оказывающих противодействие ОС.

В последнее десятилетие проводятся интенсивные исследования применения в медицине фуллерена C₆₀ – это аллотропная модификация углерода (кроме: графита, алмаза, карбина и графена), представляющая собой молекулу из 60 атомов, образующих сферическую структуру. Открытый в 1985 году, он известен как мощнейший антиоксидант «губка для свободных радикалов», превышающий антиоксидантные свойства витамина С (по разным источникам) в 100-1000 раз [1].

Цель. Оценить значимость влияния фуллерена C₆₀ на оксидативный стресс.

Методы исследования. Материалом для написания данной статьи явились результаты научно-исследовательских и экспериментальных работ,

опубликованные в научных изданиях. Для оценки результатов данных работ использовался описательный и аналитический методы.

Результаты и их обсуждение. Основными прооксидантами в живых организмах, являются: перекись водорода (H_2O_2), синглетный кислород ($1O_2$), гипохлорная кислота (НОС), озон (O^3). В норме в организме образование прооксидантов происходит непрерывно. Прооксиданты участвуют в бактерицидных механизмах, в синтезе биологически активных веществ, в обменных процессах коллагена, регуляции проницаемости мембран и др. [2]. Формирование свободных радикалов кислорода – важный защитный механизм, лежащий в основе неспецифического иммунитета: фагоцитоз многократно увеличивает количество свободных радикалов в фагоцитирующих клетках, что повышает потребление кислорода более чем в 20 раз [3].

Вместе с тем прооксиданты являются основой патогенеза многих патологических процессов, обладают антигенными свойствами, активируют аутоиммунные процессы повреждения тканей, обостряют хронические патологические процессы, запускают механизмы старения организма и др. [2, 3].

АОС – совокупность защитных механизмов, направленных на элиминацию прооксидантов в организме (таблица 1) [3].

Таблица 1 – Антиоксидантная система организма человека [3]

Жирорастворимые антиоксиданты	Серосодержащие аминокислоты	Низкомолекулярные водорастворимые антиоксиданты	Белковые антиоксиданты
Витамин Е Витамин А Убихинон Каротиноиды Стероидные гормоны	Мочевина Мочевая кислота Билирубин Адреналин Полиамины	Витамин С Глутатион	Церулоплазмин Трансферрин Ферритин Сывороточный альбумин Гаптоглобин Мелатонин Нейропептиды

В иных классификациях элементы АОС подразделяют на ферментативные (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, глутатионтрансфераза и др.) и неферментативное звено (α -токоферол, ретинол, витамин С и др.).

Невзирая на мощную АОС организма, она не в полной мере справляется с деструктивным действием прооксидантов, что влечет за собой развитие ряда патологий и механизмов старения организма, как отмечалось выше. С целью укрепления АОС организма, ведется поиск метаболитов способных в значимой степени элиминировать прооксиданты.

Один из таких высоко эффективных метаболитов – фуллерен C_{60} . Основой уникального действия фуллерена C_{60} является электроноакцепторная активность и легкая поляризуемость молекул, определяющая как его внутримолекулярные взаимодействия, так и облегченный перенос электронов

от донорных молекул свободных радикалов кислорода. Изомер фуллерена C_{60} обладает низкой токсичностью, проницаемостью через биологические мембраны и отсутствием иммуногенности. Также важным преимуществом фуллеренов в качестве медицинских антиоксидантов является их способность локализоваться внутри митохондрий и в других структурах клетки, где продуцируются свободные радикалы [4].

В настоящее время синтезированы производные фуллерена C_{60} с обширным спектром биологической активности, по которым ведутся научные исследования: противоопухолевой, антивирусной, антимикробной, антиоксидантной, нейропротективной, мембранотропной, ингибиторы ферментов, блокаторы апоптоза и как радиопротекторы. Также влияния на продолжительность жизни, обучаемость и память, уровень нейродегенерации, по результатам которых, делается вывод о перспективности разработки комплексной терапии болезни Альцгеймера [4, 5, 6].

Известно, что одной из причин воспалительных реакций, которая приводит к развитию ряда болезней и ускоряет старение организма, является ОС. Фуллерен C_{60} и его соединения как мощные антиоксиданты [1, 6] способны *in vivo* и *in vitro* инактивировать прооксиданты.

Выводы. Анализ научной литературы последнего десятилетия позволил установить существенное расширение сферы практического применения фуллеренов и, в частности, фуллерена C_{60} , в том числе как мощного фактора снижения активности ОС.

В то же время явным фактом является научно-исследовательская недостаточность и некоторая противоречивость результатов исследований. Нет ни одного полноценного доклинического и клинического исследования препарата на основе фуллерена C_{60} .

Также, с точки зрения биохимии и метаболизма в организме, свободные радикалы нельзя считать безусловными деструктивными агентами. Их позитивная роль очень значима: иммунная система использует АОС для атаки на бактерии и раковые клетки. Несомненно, что для организма полезен баланс между свободными радикалами и естественными антиоксидантами, а не отсутствие свободных радикалов. Организм человека не справляется с поддержанием баланса лишь при некоторых заболеваниях, а при их отсутствии вполне успешно поддерживает баланс ОС-АОС [6].

В целом, прием фуллерена C_{60} остается экспериментальной практикой с непредсказуемыми долгосрочными последствиями. Пока недостаточно данных, чтобы считать его безопасным для регулярного употребления человеком с целью усиления мощности АОС и снижения метаболических процессов, ведущих к старению организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fullerene is a powerful antioxidant *in vivo* with no acute or subacute toxicity / N. Gharbi, H. Szwarc, F. Moussa [et al.] // Nano Letters. – 2005. – Vol. 5, № 12. – P. 2578-2585.

2. Применение антиоксидантных препаратов в педиатрической практике / И. Н. Захарова, Т. М. Творогова, Е. В. Скоробогатова, Е. Г. Обычная // Трудный пациент. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 33-36.
3. Нагорная, Н. В. Оксидативный стресс: влияние на организм человека, методы оценки / Н. В. Нагорная, Н. А. Четверик // Здоровье ребенка. – 2010. – № 2 (23). – С. 140-145.
4. Wound healing activity of aqueous dispersion of fullerene C₆₀ produced by «green technology» / N. Shershakova, S. M. Andreev, A. A. Tomchuk [et al.] // Nanotechnology, Biology, and Medicine. – 2023. – Vol. 47. – P. 102619-102627.
5. In vitro assay of singlet oxygen generation in the presence of water-soluble derivatives of C₆₀ / B. Vilenko, A. Sienkiewicz, M. Lekka [et al.] // Carbon. – 2004. – Vol. 42, № 5-6. – P. 1195-1198.
6. Талантов, П. В. Доказательная медицина от магии до поисков бессмертия / П. В. Талантов. – Москва : АСТ: CORPUS, 2019. – 560 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И КИСЛОРОДНОГО ПУЛЬСА У СПОРТСМЕНОВ С РАЗНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

**Титова Е. М.^{1,2}, Бородина Е. С.^{1,2}, Шило Д. Д.², Олещеня Т. С.²,
Лушков А. А.¹, Захаревич А. Л.²**

¹*Белорусский государственный университет*

²*Республиканский научно-практический центр спорта
Минск, Беларусь*

Введение. Аллостаз представляет собой процесс достижения стабильности организма через изменение регуляторных механизмов в ответ на хронический стресс. В спортивной физиологии в качестве одного из основных хронических стрессоров рассматриваются систематические тренировочные нагрузки. Вегетативная нервная система играет важную роль в опосредовании аллостатических сдвигов, возникающих в процессе физиологической регуляции организма [1]. Высокоинтенсивные нагрузки активируют аллостатические механизмы регуляции, которые проявляются в изменении эффективности транспорта и потребления кислорода. Количество кислорода, выбрасываемое сердцем в кровоток за одно сокращение (кислородный пульс), зависит от многих факторов и один из них – вегетативная регуляция сердечного ритма [2]. Кислородный пульс (КП) является важным интегральным показателем, который характеризует аэробную работоспособность (эффективность) спортсмена [3]. Исследования взаимосвязи вегетативной регуляции с аэробной эффективностью проводились в основном у мужчин отдельных видов спорта [4, 5].

Цель. Анализ взаимосвязи показателей вариабельности ритма сердца (ВРС) в покое с кислородным пульсом, регистрируемым в ходе нагрузочного тестирования с газоанализом у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса.