

ISSN 0042-8833 (Print)  
ISSN 2658-7440 (Online)



en ([https://www.voprosy-pitaniya.ru/en/jarticles\\_diet/862.html?SSr=530134629008ffffffffff27c\\_\\_07e5031408352f-5cbd](https://www.voprosy-pitaniya.ru/en/jarticles_diet/862.html?SSr=530134629008ffffffffff27c__07e5031408352f-5cbd))



# ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ

(L)

Главная (<https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/index.html?SSr=530134629008ffffffffff>)

О журнале (<https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/about.html?SSr=530134629008ffffffffff>)

Редколлегия ([https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/editorial\\_board.html?SSr=530134629008ffffffffff](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/editorial_board.html?SSr=530134629008ffffffffff))

Этика (<https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/ethics.html?SSr=530134629008ffffffffff>)

Рецензирование (<https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/reviewing.html?SSr=530134629008ffffffffff>)

Авторам ([https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/to\\_authors.html?SSr=530134629008ffffffffff](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/to_authors.html?SSr=530134629008ffffffffff))

Архив ([https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/archive\\_page.html?SSr=530134629008ffffffffff](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/archive_page.html?SSr=530134629008ffffffffff))

Контакты (<https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/pages/contacts.html?SSr=530134629008ffffffffff>)

Дополнительно (/patrns/images/VP\_prilojenie\_5\_2018.pdf)

К содержанию ([https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/journals\\_diet/61.html?SSr=530134629008ffffffffff27c\\_\\_07e5031408352f-5cbd](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/journals_diet/61.html?SSr=530134629008ffffffffff27c__07e5031408352f-5cbd))

1 . 2021

## Куркумин в коррекции окислительных и иммунных нарушений при физических нагрузках

Гизингер Оксана Анатольевна, Хисамова Анна Александровна

### Резюме

Окислительные и иммунные дисфункции при физических нагрузках могут быть связаны с нарушением ферментных систем, факторов антиоксидантной защиты, состояния врожденного и адаптивного иммунитета, что создает предпосылки для их фармакологической коррекции.



([https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=71111](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=71111))  
(<https://cyberleninka.ru/n/voprosy-pitaniya?i=1>)



([https://vak.mos.ru/uploader/srch\\_result/loader?type=AD&=FILTERname=3408291001&f=3728](https://vak.mos.ru/uploader/srch_result/loader?type=AD&=FILTERname=3408291001&f=3728))



(<https://www.scopus.com/sourceid/journalsea?tip=sid&clean=0>)



([https://www.ebsco.com/patrns/images/ebSCO\\_vp.png](https://www.ebsco.com/patrns/images/ebSCO_vp.png))  
(<https://www.punkt.ru/efd/68300>)

**Цель** данного обзора - обобщение и анализ современных данных о роли куркумина - одного из компонентов экстракта корневищ куркумы длинной (*Curcuma longa*), в коррекции окислительного стресса и иммунных нарушений при физических нагрузках.

**Материал и методы.** При написании обзора направлением поиска были оригинальные статьи, представленные в базах PubMed, Web of Science, Google Scholar, платформы eLIBRARY.RU, КиберЛенинка, с рандомизированным контролируемым перекрестным или параллельным дизайном, в которых потребление куркумина, вводимого до и/или после нагрузки, сравнивали с аналогичной ситуацией с плацебо. Фильтры по типу выполняемых физических упражнений, полу или возрасту участников не применяли.

**Результаты.** В рандомизированных контролируемых исследованиях, проведенных за 2008-2020 гг., получены доказательства того, что употребление комплексов на основе куркумина нормализует общий антиоксидантный статус, восстанавливает качественный и количественный состав и функционально-метаболический статус иммуноцитов. Данные проспективных эпидемиологических исследований показывают, что применение композиций на основе экстракта куркумы проявляет частичную противовоспалительную, иммуностропную и антиоксидантную активность *in vitro* и *in vivo*, что дает основание для проведения дальнейших исследований по изучению эффективности и системного применения куркумы длинной.

**Заключение.** Включение композиции на основе экстракта куркумы в комплексные схемы питания, в том числе при физической нагрузке, способствует профилактике иммунных и оксидативных нарушений, оказывает некоторый противовоспалительный эффект.

**Ключевые слова:** куркумин, куркума длинная, окислительный стресс, физическая нагрузка, врожденный иммунитет

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Гизингер О.А., Хисамова А.А. Куркумин в



(<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=28tip=sid&exact=no>)

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Тутельян Виктор Александрович

Академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»

**ОТПРАВИТЬ СТАТЬЮ**  
 [\(HTTPS://WWW.VOPROSY-PITANIYA.RU/PAGES/PUBLISH.HTML?S](https://www.voprosy-pitaniya.ru/pages/publish.html?S)

Купить номер  
 [\(https://medknigaservis.ru/product-category/zhurnaly/voprosy-pitaniya/\)](https://medknigaservis.ru/product-category/zhurnaly/voprosy-pitaniya/)

Оформить подписку  
 [\(https://www.akc.ru/itm/voprosy\\_i-pitaniya\\_a/\)](https://www.akc.ru/itm/voprosy_i-pitaniya_a/)

коррекции окислительных и иммунных нарушений при физических нагрузках // Вопросы питания. 2021. Т 90, № 1. С. 65-73. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-1-65-73> (<https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-1-65-73>)

Интерес к изучению проблем, связанных с реакцией макроорганизма на длительные физические нагрузки, приводящие к истощению адаптационных механизмов, связан с активацией или угнетением биохимических процессов, в том числе производством свободных радикалов, запуском механизмов окислительного стресса [1, 2]. Любая система организма может быть подвергнута окислительному стрессу: дыхательная система (вследствие воздействия большого количества экзогенного кислорода), мозг (высокая метаболическая активность при низком уровне эндогенных антиоксидантов), система кровообращения (из-за постоянного колебания уровней кислорода и оксида азота) и репродуктивная система (высокая метаболическая активность половых клеток). Тяжелая физическая нагрузка включает ряд совокупных патогенетических процессов: окислительный стресс, дисбаланс клеточных факторов врожденного и адаптивного иммунитета. Метаболические нарушения, образующиеся *de novo*, приводят к выработке активных форм кислорода (АФК), которые вступают в реакцию с биологически активными молекулами ДНК и РНК, вызывая их окислительное повреждение.

В иммунных реакциях, задействованных в патогенезе окислительного стресса, доказана роль нейтрофильных гранулоцитов, макрофагов, лимфоцитов Th1/Th2 типа [3]. АФК, провоспалительные цитокины: интерлейкин (ИЛ) -1, -8; интерферон  $\gamma$  (ИФН- $\gamma$ ) действуют как сигнальные мессенджеры, опосредуя процесс восстановления мышц после интенсивных тренировок или тяжелой физической работы [4]. Мононуклеарные фагоциты, принимая активное участие в иммунном ответе, являются "удобной" моделью для проведения исследований по анализу последствий окислительного стресса *in vitro* в связи с их многочисленностью и пластичностью [5]. Учитывая чувствительность макрофагов в отношении АФК, их использование в качестве "моделей для скрининга" может обеспечить валидные результаты в экспериментальных исследованиях [5]. В этой связи актуальным является изучение влияния куркумина на антиоксидантную активность перитонеальной жидкости, проведенное В. Джо и В.Р. Lokesh, в котором показано, что 10 мкмоль куркумина на 1 мл



([https://5mcc.vshouz.ru/?utm\\_source=geotar.ru&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=org2020](https://5mcc.vshouz.ru/?utm_source=geotar.ru&utm_medium=banner&utm_campaign=org2020))

## МЕДИЦИНА СЕГОДНЯ



**XXVI Всероссийская научно-практическая конференция "Клиническая лаборатория: от аналитики к диагнозу".**  
([https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf\\_news/221.html?SSr=5301346](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf_news/221.html?SSr=5301346))

РМАНПО и ФЛМ приглашают на традиционную XXVI Всероссийскую научно-практическую конференцию с международным участием "Клиническая лаборатория: от аналитики к диагнозу". Воспользуйтесь

биологической жидкости статистически значимо снижает уровень АФК в перитонеальных макрофагах крыс, выполняющих работу с утомлением [6]. Данное исследование являлось доклиническим и используемое авторами количество (10 мкмоль) не соответствует такому при использовании куркумина в пищевой продукции.

Для ликвидации последствий окислительного стресса и дисфункций иммунной системы на сегодняшний день используется ряд лекарственных препаратов, биологически активных добавок, физиотерапевтических воздействий. Эффективность и безопасность многих из них находится в стадии изучения.

Последние несколько лет внимание исследователей направлено на изучение продуктов, полученных путем переработки растения куркума длинная (*Curcuma longa*). Содержащиеся в ее корнях полифенолы - куркуминоиды - оказались эффективными в восстановлении некоторых показателей окислительного стресса, что нашло отражение в ряде работ, анализ которых приведен в данном обзоре. Анализ справочных материалов позволил дать следующее определение куркуме длинной - это эфирномасличное растение, относящееся к семейству имбирных (*Zingiberaceae*). Куркума долгое время использовалась в кулинарии, после детального анализа химического состава вызвала большой интерес из-за содержания биологически активных компонентов - куркуминоидов (куркумина, деметоксикуркумина и бисдеметоксикуркумина). В пользу продукта говорит и его подтвержденная безопасность. Согласно данным Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), куркуминоиды считаются не только безопасными [7], но и веществами с противовоспалительной, противодиабетической, онкопротекторной и противовозрастной активностью [8, 9].

## Физические нагрузки, окислительный стресс, иммунные нарушения

Иммунологические эффекты, которые проявляются при регулярных умеренных тренировках, полезны для здоровья и не влияют на процессы липопероксидации. Но интенсивные упражнения приводят к усилению окислительного стресса и иммунным нарушениям [10]. Исследованиями подтверждена связь метаболических нарушений, возникающих вследствие тяжелых физических нагрузок и окислительного стресса [11]. Окислительный стресс, приводящий к дисбалансу между окислительной и антиоксидантной системами

возможностью окунуться в атмосферу живых выступлений легенд лабораторной диагностики,...



**"СОВРЕМЕННАЯ КОГНИТИВНАЯ НЕВРОЛОГИЯ В ПАЗЗЛАХ И КАЗУСАХ"**  
[https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf\\_news/219.html?SSr=5301346](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf_news/219.html?SSr=5301346)

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ! 14 Апреля 2021 года состоится Всероссийская научно-практическая конференция для неврологов, терапевтов, кардиологов и ВОП "СОВРЕМЕННАЯ КОГНИТИВНАЯ НЕВРОЛОГИЯ В ПАЗЗЛАХ И КАЗУСАХ" Организаторы мероприятия: КАФЕДРА НЕВРОЛОГИИ С КУРСОМ РЕФЛЕКСОЛОГИИ И...



**Цикл мероприятий по оториноларингологии.**  
[https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf\\_news/218.html?SSr=5301346](https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/conf_news/218.html?SSr=5301346)

Приглашаем принять

клеток и тканей, является результатом перепроизводства свободных радикалов, приводящего к модификации структуры клеточных белков и липидов, что способствует нарушению процессов клеточного деления, программированной гибели путем апоптоза, снижению рецепции к эпителиоцитам и клеткам, реализующим антимикробную защиту. Данный процесс нарушает синтез таких макроэргических соединений, как аденозинтрифосфат, сопровождается изменением межклеточной передачи сигналов и контроля клеточного цикла. Зарегистрировано нарушение механизмов клеточного транспорта и активации иммунной системы с выработкой цитокинов, инициирующих воспалительную реакцию: ИЛ-1 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), ИЛ-8, ИЛ-6 [12]. Учитывая, что часть свободных радикалов генерируется фагоцитами, Т-цитотоксическими лимфоцитами (фенотип  $CD3^+CD8^+$ ), NK-клетками (фенотип  $CD16^+CD56^+$ ), роль процессов свободнорадикального окисления в нарушении функциональных возможностей вышеперечисленных клеточных субпопуляций становится очевидной [13]. Кроме того, АФК могут разрушать липидную мембрану, увеличивая ее текучесть и проницаемость для экзогенных и эндогенных субстанций. Повреждение белков клетки АФК включает сайт-специфическую модификацию аминокислот, фрагментацию пептидной цепи, агрегацию поперечно-сшитых реактогенных производных белков, изменение электрического заряда, инактивацию ферментов и изменение чувствительности к протеолизу, что приводит к частичному изменению качественного и количественного состава рецепторов на поверхности клеток, реализующих иммунный надзор [14]. Происходящие необратимые изменения СН-групп приводят к образованию карбонильных производных белков - изменению структуры аминокислотных остатков: триптофана, тирозина, цистеина, и способствуют появлению новых продуктов, инициирующих вторичное повреждение биомолекул [15]. Появление и накопление внутриклеточных прооксидантных факторов изменяет иммунный ответ путем нарушения структуры белков, но частичным сохранением их функции [16].

Физическая работа с утомлением может стать триггерным фактором в возникновении окислительного стресса *in vivo* [17]. В исследовании, проведенном с участием лиц, осуществляющих деятельность в условиях тяжелой физической нагрузки, выявлена интенсификация цепных реакций свободнорадикального окисления липидных субстратов и показано статистически значимое увеличение содержания токсичных продуктов перекисного окисления липидов в

участие в образовательных мероприятиях по оториноларингологии! В 2021 году стартует образовательный цикл, состоящий из четырех научно-практических мероприятий для оториноларингологов и врачей смежных специальностей. Первые два события планируется провести...



ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА  
«ГЭОТАР-Медиа»  
(<http://www.geotar.ru>)



Консультант врача  
Электронная медицинская библиотека  
(<http://www.rosmedlib.ru>)



ЭЛЕКТРОННЫЙ  
ЛЕКАРСТВЕННЫЙ  
СПРАВОЧНИК ГЭОТАР  
(<http://www.lsgeotar.ru?>)



ВЫСШАЯ ШКОЛА  
ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЕМ  
(<http://vshouz.ru?XFrom:>

постнагрузочном периоде [18, 19]. При моделировании окислительного стресса у самцов крыс в условиях тяжелых физических нагрузок выявлены нарушения в антиоксидантной системе: повышение уровня малонового диальдегида, диеновых и триеновых конъюгатов, оксида азота (NO<sup>•</sup>), активности супероксиддисмутазы, каталазы [20].

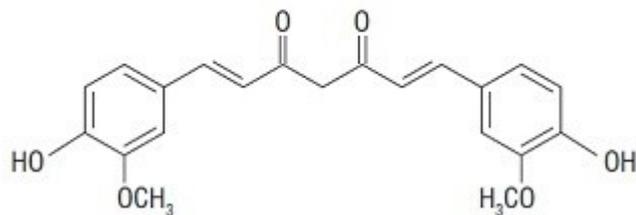
Рядом исследований показано, что интенсивная физическая активность приводит к нарушениям в антиоксидантной системе организма. Снижается уровень общей антиоксидантной активности, снижается содержание восстановленного глутатиона [21]. При длительных интенсивных физических нагрузках, связанных с силовыми видами спорта, выявлено истощение активности супероксиддисмутазы - фермента первой линии защиты от свободных радикалов [22]. А. Tomczak и соавт. сообщают, что тяжелые физические нагрузки увеличивают показатели окислительного стресса и ферментный дисбаланс в 3-4 раза [23]. Бег на длинные дистанции значительно усиливает окислительное повреждение, о чем свидетельствует более чем 2-кратное повышение концентрации реактивных соединений с тиобарбитуровой кислотой [24]. Утомительный бег также достоверно снижает активность транспорта анионов и активность изоформы-II карбоангидразы [20].

## **Куркумин в коррекции окислительных нарушений**

В базе данных PubMed с 2018 г. поисковые запросы по теме "антиоксиданты" представлены более чем в 10 000 исследований. Анализ таких запросов показал интерес к нескольким пищевым антиоксидантам, среди которых чаще встречался куркумин в составе куркумы длинной (*Curcuma longa*). Представлены данные о том, что куркумин может способствовать защите от образования свободных радикалов и окислительного повреждения, индукции антиоксидантных сигнальных путей и, следовательно, предотвращению патогенетических нарушений, связанных с вышеперечисленными событиями [25].

Порошок из корневищ куркумы длинной имеет пищевую и терапевтическую ценность [26]. Растение известно своим кулинарным (в качестве специи) и лечебным применением. Куркума придает блюдам желтый цвет и своеобразный терпкий вкус, является ингредиентом порошков карри, составляя около 1030% от

вышеуказанной смеси [27]. Порошок куркумы является натуральным пищевым консервантом благодаря своему антиоксидантному действию и добавляет продуктам приятный вкус и аромат [28]. Куркумин, входящий в состав *Curcuma longa*, - желтый пигмент, химически известный как диферулоилметан (рис. 1), был впервые выделен в 1815 г. А. Vogel и P.J. Pelletier [29]. В пищевой промышленности куркумин используется в качестве пищевого красителя E100 [30].



**Рис. 1.** Химическая структура молекулы куркумина

*Fig. 1. Chemical structure of the curcumin molecule*

Куркумин является наиболее распространенным из группы куркуминоидов, соотношение в куркумино-идном комплексе из корневищ куркумы составляет 70,05±5,0% куркумина, 20,05±5,0% дезметоксикуркумина и 10,0±5,0% бисдезметоксикуркумина [31].

Регулирование степени окислительной активности факторов антиоксидантной защиты с помощью полифенолов может влиять на скорость и развитие окислительных нарушений на уровне митохондрий и клеточных мембран [32]. Изучение антиоксидантной активности куркумина проводится в условиях *in vitro* и *in vivo* [33].

S.A.V. Ms и соавт. изучили влияние добавок куркумина на общую антиоксидантную способность, содержание малонового диальдегида, фактора некроза опухоли а (ФНОа) и активность креатинкиназы *in vivo*. В двойном слепом плацебо-контролируемом исследовании было показано, что прием куркумина в дозе 1,5 г/сут значительно снизил активность креатинкиназы (до 199,62 Ед/л) по сравнению с плацебо (287,03 Ед/л,  $p < 0,001$ ), что сопровождалось снижением болезненных ощущений в мышцах (2,88 по визуальной аналоговой шкале по упражнений с утомлением по протоколу повреждения мышц (на окислительный стресс, воспаление, повреждение мышц и их болезненность) [34].

На рис. 2 приведена схематическая диаграмма, характеризующая

защитные свойства куркумы в отношении некоторых из наиболее важных механизмов развития заболеваний.



**Рис. 2.** Протекторные свойства куркумы в отношении некоторых молекулярных механизмов развития заболеваний

*NF-κB* - ядерный фактор-каппа Б; *STAT3* - преобразователь сигнала и активатор транскрипции 3; *Nrf2* - ядерный фактор, связанный с эритроидом 2, фактор 2; *NFAT* - ядерный фактор активированных Т-клеток; *FtsZ* - чувствительный к температуре мутант филаментов Z; *NOS* - синтаза оксида азота; *ACE* - ангио-тензин-превращающий фермент. По материалам: [35].

**Fig. 2.** Protective properties of turmeric in relation to some molecular mechanisms of disease development

*NF-κB* - nuclear factor-kappa B; *STAT3* - signal transducer and transcription activator 3; *Nrf2* - nuclear factor associated with erythroid 2, factor 2; *NFAT* - nuclear factor of activated T cells; *FtsZ* - temperature sensitive mutant of Z filaments; *NOS* - nitric oxide synthase; *ACE* - angiotensin-converting enzyme. Based on the article: [35].

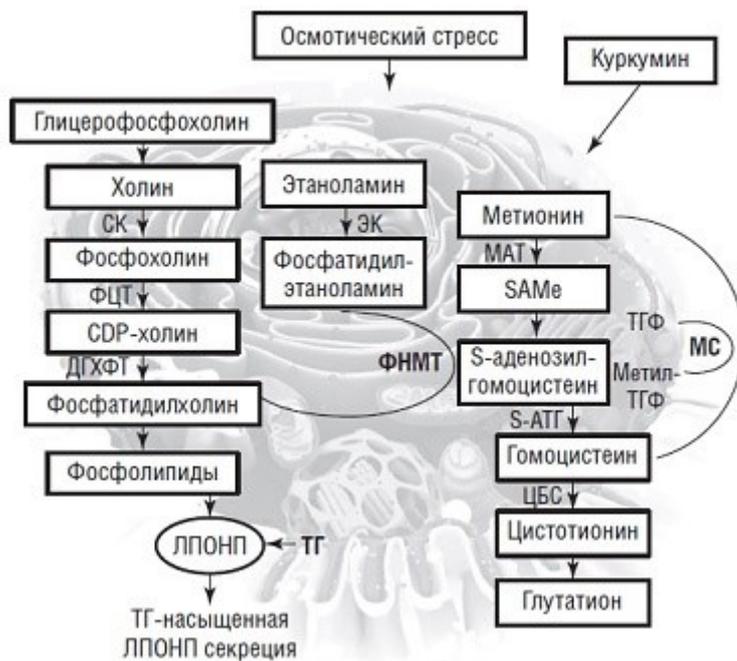
Как показала оценка антирадикальных свойств с использованием тестов с диаммониевой солью 2,2'-азино-бис (3-этилбензотиазолин-

6-сульфоновой кислоты) (ABTS) и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH), применение экстракта куркумы приводит к снижению уровня простагландина E2 (маркера окислительного стресса) в клетках линии гепатомы человека HepG2, используемых *in vitro* для оценки индукции цитохрома P450 [36].

Использование куркумина при физических нагрузках снижает субъективное восприятие интенсивности мышечной боли; уменьшает повреждение мышц за счет снижения активности креатинкиназы; увеличивает работоспособность мышц; оказывает противовоспалительное действие за счет модуляции провоспалительных цитокинов ФНО $\alpha$ , ИЛ-6, ИЛ-8. Прием куркумина в совокупной дозе 150 мг/сут до и во время тренировки и в течение 72 ч после тренировки улучшил производительность за счет снижения повреждения мышц, вызванного физической нагрузкой и модуляции воспаления [37]. Доза в 150 мг/сут соответствует допустимому уровню потребления согласно действующему Таможенному кодексу Евразийского экономического союза.

L.X. Na и соавт. показали, что добавление к рациону куркумина в дозе 150 мг 2 раза в сутки приводило к снижению уровня в сыворотке крови белка, связывающего адипоциты и жирные кислоты, С-реактивного белка, ФНО $\alpha$ , ИЛ-8, статистически значимо увеличивало активность супероксиддисмутазы. Результаты регрессионного анализа продемонстрировали положительную корреляцию у участников исследования между изменением уровня белка, связывающего адипоциты и жирные кислоты, и изменением уровня глюкозы, свободных жирных кислот и С-реактивного белка в сыворотке крови, что свидетельствует об антидиабетической активности куркуминоидов [38]. Результаты экспериментального исследования, проведенного I. Voz и соавт. в рамках клинического изучения противовоспалительных эффектов куркумина, показали увеличение степени выраженности воспалительных реакций при интенсивных физических нагрузках, повлекших мышечное повреждение. Пероральное введение крысам куркумина в дозе 200 мг/кг массы тела в течение 20 сут приводило к снижению активности креатинкиназы и нормализации уровня миоглобина, что свидетельствовало о протекторном эффекте куркумы при мышечном повреждении [39].

На основании данных, представленных в статье F. Tranchida и соавт. [40], нами составлена схема, описывающая изменения клеточного гомеостаза при приеме куркумина (рис. 3).



**Рис. 3.** Путь осмотического стресса, с помощью которого куркуминоиды могут подавлять активность бетаин L-гомоцистеин-S-метилтрансферазы в печени, что приводит к высокому уровню бетаина

ЦБС - цистатионин-β-синтаза; СК - холинкиназа; ДГХФТ - 1,2-диацилглицеринхолинфосфотрансфераза; ЭК - этаноламинкиназа; МАТ - метионинаденозилтрансфераза; МС - метионинсинтаза; ПКТ - фосфохолинцитидилилтрансфераза; ФНМТ - фосфоэтанолламин-N-метилтрансфераза; S-АГГ - S-аденозил-гомоцистеингидролаза; ТГФ - тетра гидрофолат; ЭК - этаноламинкиназа; SАМе - S-аденозилметионин; ЦБС - цистатионин-β-киназа; ТГ - триглицериды; ЛПОНП - липопротеины очень низкой плотности.

**Fig. 3.** Pathway of osmotic stress by curcuminoids can suppress the activity of betaine L-homocysteine S-methyl transferase (HCMT) in liver, which cause high betaine levels

## Куркумин в коррекции иммунных нарушений

Куркумин подавляет активность семейства факторов транскрипции, в том числе NF-κB и белка-активатора 1, контролирующего экспрессию генов иммунного ответа, апоптоза и клеточного цикла [41]. Учитывая роль куркумина в модуляции процессов, связанных с выработкой провоспалительных цитокинов, его использование может быть эффективным при уменьшении боли, связанной с синдромом отсроченной мышечной боли (Delayed-Onset Muscle Soreness, DOMS) [42]. Клинические исследования показали, что в

условиях физической нагрузки куркумин в дозах от 100 до 150 мг снижал концентрацию ИЛ-6 сразу после приема (на 31%) и через 48 ч (на 32%) по отношению к показателям из группы сравнения, кроме того, дополнительно снижал уровень ИЛ-6 через 24 ч по сравнению с посттренировочным периодом (снижение более чем на 20%), что в конечном итоге приводило к нормализации содержания данного цитокина в сыворотке крови [43].

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что использование экстракта куркумы в количестве 10 и 20 мг/кг внутрибрюшинно у мышей с депривацией сна (72 ч) в течение 5 дней предотвращало потерю массы тела, нарушение двигательной активности, тревожности по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ).

Содержание восстановленного глутатиона, активность каталазы, показатели перекисного окисления липидов, уровень нитритов у животных восстанавливались до контрольных значений [44].

Исследование, проведенное А. Kumar и соавт., показало, что куркумин *in silico* обладает выраженным сродством к рецепторам CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup> и CD3<sup>+</sup>CD8<sup>+</sup>, влияет на процессы, вызванные действием ксенобиотиков, которые индуцируют апоптоз тимоцитов через механизмы окислительного стресса и каспазозависимые пути. Ингибирование продукции АФК происходит за счет восполнения запасов глутатиона и подавления активности каспаз куркуминоидами в составе куркумина [45].

А. Cianciulli и соавт. показали, что куркумин дозозависимо ослабляет индуцированное липополисахаридами высвобождение оксида азота (NO<sup>-</sup>) и провоспалительных цитокинов, а также экспрессию индуцибельной синтазы оксида азота (iNOS). Куркумин снижает фосфорилирование ферментов фосфоинозитид-3-киназы/киназы АКТ-1 (RAC-alpha serine/threonine-protein kinase, Protein kinase B alpha), а также активацию NF-κB в липополисахарид-активированных клетках микроглии [46].

## Рекомендации по применению экстрактов на основе куркумы длинной

Куркума и ее составляющие были изучены на предмет их безопасности посредством исследований *in vitro* и *in vivo*. Прием стандартизированного порошка/экстракта куркумы и куркумина перорально не выявил значительных побочных эффектов или токсичности для животных. Безопасность, переносимость и отсутствие токсичности куркумина в высоких дозах также

подтверждены клиническими испытаниями с участием добровольцев [8]. V. Soleimani и соавт. показано, что пероральное употребление куркумы в физиологических дозах, разрешенных ЕАЭС, можно считать безопасным во время беременности у животных. При этом имеется ряд экспериментальных данных, свидетельствующих, что куркумин *per os* у цыплят поколения F2 в высокой дозе 1000 мг/кг может вызвать снижение прибавки массы тела, что является неблагоприятным фактором [44].

В исследовании, проведенном A.R. Disilvestro и соавт., была определена эффективность куркумина в отношении ряда физиологических и биохимических показателей у добровольцев в возрасте 40-60 лет. В ходе слепого плацебо-контролируемого исследования участники принимали куркумин (80 мг/сут) или плацебо в течение 4 нед. Именно куркумин, а не плацебо, вызывал снижение уровня амилазы в слюне и содержания триглицеридов, р-амилоида, растворимой молекулы межклеточной адгезии (sICAM) и активности аланинаминотрансферазы в плазме. Введение куркумина в рацион питания участников увеличило способность слюны нейтрализовать радикалы и активность в плазме каталазы (в 2 раза), миелопероксидазы ( $p < 0,05$ ) и продукцию оксида азота (более чем в 2 раза).

Эти результаты продемонстрировали укрепляющие здоровье эффекты куркумина у здоровых людей среднего возраста [47].

## Заключение

Обзор научных публикаций показал, что для борьбы с окислительным стрессом, которому ежедневно подвержен организм, необходимы физические нагрузки средней и низкой интенсивности. Тяжелые изнурительные физические нагрузки с повреждением мышечной ткани способны запускать каскад реакций, которые способствуют активации процессов, способствующих развитию окислительного стресса и усилению продукции свободных радикалов. Для предотвращения негативных последствий окислительных реакций в организме необходимо включение в рацион питания продуктов с высоким содержанием антиоксидантов. К таким продуктам можно отнести корневища куркумы длинной (*Curcuma longa*), которая содержит куркумин - полифенольное соединение растительного происхождения. Куркумин может быть использован в качестве биологически активной добавки к пище с протекторными, в отношении свободнорадикального окисления, и

антиоксидантными свойствами.

Согласно действующему законодательству ЕАЭС адекватная суточная доза куркумина для человека составляет 50 мг, верхняя допустимая доза - 150 мг. Для использования более высоких доз куркумина необходимы дальнейшие клинические испытания, интенсивность проведения которых год от года возрастает, например, клинические испытания первой фазы показали, что куркумин даже в высоких дозах (12 г/сут) имеет высокий профиль безопасности, но обладает низкой биодоступностью [48].

Основанием являются исследования в области иммуностропных, противовоспалительных, антиоксидантных эффектов куркумина, опубликованные в базах данных PubMed, Web of Science, Google Scholar, платформы eLIBRARY.RU, КиберЛенинка за 2008-2020 гг. Научные работы, доказывающие антиоксидантные эффекты куркумина, проявляющиеся в снижении выработки продуктов перекисного окисления липидов и увеличении содержания факторов антиоксидантной защиты (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидазная система, гемоксигеназа), актуальны и требуют сбора дополнительной информации для последующего использования продуктов на основе куркумы для коррекции окислительных нарушений при физических нагрузках.

## Литература

1. Steinbacher P., Eckl P. Impact of oxidative stress on exercising skeletal muscle // *Biomolecules*. 2015. Vol. 5, N 2. P. 356-377. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom5020356> (<https://doi.org/10.3390/biom5020356>)
2. Cooper C.E., Vollaard N.B.J., Choueiri T., Wilson M.T. Exercise, free radicals and oxidative stress // *Biochem. Soc. Transact.* 2002. Vol. 30, N 2. P. 280-285. DOI: <https://doi.org/10.1042/bst0300280> (<https://doi.org/10.1042/bst0300280>)
3. Dinstel R.R., Cascio J., Koukel S. The antioxidant level of Alaska's wild berries: high, higher and highest // *Int. J. Circumpolar Health*. 2013. Vol. 72. Article ID 21188. DOI: <https://doi.org/10.3402/ijch.v72i0.21188> (<https://doi.org/10.3402/ijch.v72i0.21188>)
4. Tidball J.G. Inflammatory processes in muscle injury and repair // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2005. Vol. 288, N 2. P. 345-353. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00454.2004> (<https://doi.org/10.1152/ajpregu.00454.2004>)
5. Lin X., Bai D., Wei Z., Zhang Y., Huang Y., Deng H. et al. Curcumin

- attenuates oxidative stress in RAW264.7 cells by increasing the activity of antioxidant enzymes and activating the Nrf2-Keap1 pathway // PLoS One. 2019. Vol. 14, N 5. Article ID 0216711. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216711> (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216711>)
6. Joe B., Lokesh B.R. Role of capsaicin, curcumin, and dietary n-3 fatty acids in lowering the generation of reactive oxygen species in rat peritoneal macrophages // Biochim. Biophys. Acta. 1994. Vol. 1224, N 2. P. 255-263. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-4889\(94\)90198-8](https://doi.org/10.1016/0167-4889(94)90198-8) ([https://doi.org/10.1016/0167-4889\(94\)90198-8](https://doi.org/10.1016/0167-4889(94)90198-8))
7. Stanić Z. Curcumin a compound from natural sources, a true scientific challenge - a review // Plant Foods Hum. Nutr. 2017. Vol. 72, N 1. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0590-1> (<https://doi.org/10.1007/s11130-016-0590-1>)
8. Ahmad R.S., Hussain M.B., Sultan M.T., Arshad M.S., Waheed M., Shariati M.A. et al. Biochemistry, safety, pharmacological activities, and clinical applications of turmeric: a mechanistic review // Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2020. Vol. 2020. Article ID 7656919. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/7656919> (<https://doi.org/10.1155/2020/7656919>)
9. Kunnumakkara A.B., Bordoloi D., Padmavathi G., Monisha J., Roy N.K., Prasad S. et al. Curcumin, the golden nutraceutical: multitargeting for multiple chronic diseases // Br. J. Pharmacol. 2017. Vol. 174, N 11. P. 1325-1348. DOI: <https://doi.org/10.1111/bph.13621> (<https://doi.org/10.1111/bph.13621>)
10. Pingitore A., Lima G.P.P., Mastorci F., Quinones A., Iervasi G., Vassalle C. Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports // Nutrition. 2015. Vol. 31. P. 916-922. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005> (<https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>)
11. Newsholme P., Cruzat V.F., Keane K.N., Carlessi R., de Bittencourt P.I. Jr. Molecular mechanisms of ROS production and oxidative stress in diabetes // Biochem. J. 2016. Vol. 473, N 24. P. 4527-4550. DOI: <https://doi.org/10.1042/BCJ20160503C> (<https://doi.org/10.1042/BCJ20160503C>)
12. Schieber M., Chandel N.S. ROS function in redox signaling and oxidative stress // Curr. Biol. 2014. Vol. 24, N 10. P. 453-462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034> (<https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034>)
13. Ayala A., Munoz M.F., Arguelles S. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-

2-nonenal // *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2014. Vol. 2014. Article ID 3604385.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/360438> (<https://doi.org/10.1155/2014/360438>)

14. Sharifi-Rad M., Anil Kumar N.V. Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: back and forth in the pathophysiology of chronic diseases // *Front. Physiol.* 2020. Vol. 11. P. 694. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00694> (<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00694>)

15. Степовая Е.А., Шахристова Е.В., Рязанцева Н.В., Носарева О.Л., Якушина В.Д., Носова А.И. и др. Окислительная модификация белков и система глутатиона при модуляции редокс-статуса клеток эпителия молочной железы // *Биомедицинская химия.* 2016. Т. 62, № 1. С. 64-68. DOI: <http://doi.org/10.18097/PBMC20166201064> (<http://doi.org/10.18097/PBMC20166201064>)

16. Taherkhani S., Suzuki K., Castell L. A short overview of changes in inflammatory cytokines and oxidative stress in response to physical activity and antioxidant supplementation // *Antioxidants.* 2020. Vol. 9. P. 886. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9090886> (<https://doi.org/10.3390/antiox9090886>)

17. Eijsvogels T.M., Fernandez A.B., Thompson P.D. Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise? // *Physiol. Rev.* 2016. Vol. 96, N 1. P. 99-125. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2014> (<https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2014>)

18. Блинова Т.В., Страхова Л.А., Колесов С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов // *Медицина труда и промышленная экология.* 2019. Т. 1, № 10. С. 860-865. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-860-865> (<https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-860-865>)

19. Kasapoglu M., Ozben T. Alterations of antioxidant enzymes and oxidative stress markers in aging // *Exp. Gerontol.* 2001. Vol. 36, N 2. P. 209-220. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0531-5565\(00\)00198-4](https://doi.org/10.1016/s0531-5565(00)00198-4) ([https://doi.org/10.1016/s0531-5565\(00\)00198-4](https://doi.org/10.1016/s0531-5565(00)00198-4))

20. Xiong Y., Xiong Y., Wang Y., Zhao Y., Li Y., Ren Y. et al. Exhaustive-exercise-induced oxidative stress alteration of erythrocyte oxygen release capacity // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2018. Vol. 96, N 9. P. 953-962. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjpp-2017-0691> (<https://doi.org/10.1139/cjpp-2017-0691>)

21. Kumar A., Singh A. Possible nitric oxide modulation in protective effect of (*Curcuma longa*, Zingiberaceae) against sleep deprivation-induced behavioral alterations and oxidative damage in mice // *Phytomedicine*. 2008. Vol. 15, N 8. P. 577-586. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.02.003> (<https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.02.003>)
22. Куприянов С.В., Лузикова Е.М., Эркенов Д.А. Влияние мелатонина на антиоксидантный статус спортсменов в условиях интенсивных физических нагрузок // *Наука и спорт: современные тенденции*. 2018. Т. 19, № 2. С. 22-26.
23. Tomczak A., Jówko E., Rózański P. Survival training effects on oxidative stress and muscle damage biomarkers of naval cadets // *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2020. Vol. 91, N 9. P. 720-724. DOI: <https://doi.org/10.3357/AMHP.5536.2020> (<https://doi.org/10.3357/AMHP.5536.2020>)
24. Ristow M. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2009. Vol. 106, N 21. P. 8665-8670. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0903485106> (<https://doi.org/10.1073/pnas.0903485106>)
25. Rahmani A.H., Alsahli M.A., Aly S.M., Khan M.A., Aldebasi Y.H. Role of curcumin in disease prevention and treatment // *Adv. Biomed. Res.* 2018. Vol. 7, N 38. DOI: [https://doi.org/10.4103/abr.abr\\_147\\_16](https://doi.org/10.4103/abr.abr_147_16) ([https://doi.org/10.4103/abr.abr\\_147\\_16](https://doi.org/10.4103/abr.abr_147_16)).
26. Sanatombi R., Sanatombi K. Nutritional value, phytochemical composition, and biological activities of edible *Curcuma* species: a review // *Int. J. Food Properties*. 2017. Vol. 2017. P. S2668-S2687. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1387556> (<https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1387556>)
27. Govindarajan V.S. Turmeric-chemistry, technology and quality // *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1980. Vol. 12. P. 199-301. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398009527278> (<https://doi.org/10.1080/10408398009527278>)
28. Lee S.M., Chiang S.H., Wang H.Y, Wu P.S., Lin C.C. Curcumin enhances the production of major structural components of elastic fibers, elastin, and fibrillin-1, in normal human fibroblast cells // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2015. Vol. 79, N 2. P. 247-252. DOI: <https://doi.org/10.1080/09168451.2014.972324> (<https://doi.org/10.1080/09168451.2014.972324>)
29. Prasad S., Tyagi A.K., Aggarwal B.B. Recent developments in delivery, bioavailability, absorption and metabolism of curcumin: the golden pigment

from golden spice // *Cancer Res. Treat.* 2014. Vol. 46. P. 2-18. DOI:

<https://doi.org/10.4143/crt.2014.46.1.2> (<https://doi.org/10.4143/crt.2014.46.1.2>)

30. Lestari M.L., Indrayanto G. Curcumin // *Profiles Drug Subst. Excip. Relat. Methodol.* 2014. Vol. 39. P. 113-204. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800173-8.00003-9>

(<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800173-8.00003-9>)

31. Duke J.A. *CRC Handbook of Medicinal Spices*. New York : CRC Press, 2002. P. 137-144.

32. Lee J., Giordano S., Zhang J. Autophagy, mitochondria and oxidative stress: cross-talk and redox signalling // *Biochem. J.* 2012. Vol. 441, N 2. P. 523-540. DOI: <https://doi.org/10.1042/BJ20111451> (<https://doi.org/10.1042/BJ20111451>)

33. Dall'Acqua S., Stocchero M., Boschiero I., Schiavon M., Golob S., Uddin J. et al. New findings on the in vivo antioxidant activity of *Curcuma longa* extract by an integrated (1)H NMR and HPLC-MS metabolomic approach // *Fitoterapia*. 2016. Vol. 109. P. 125-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.12.013> (<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.12.013>)

34. Ms S.A.B., Waldman H.S., Krings B.M., Lamberth J., Smith J.W., McAllister M.J. Effect of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress, inflammation, muscle damage, and muscle soreness // *J. Diet. Suppl.* 2020. Vol. 17, N 4. P. 401-414. DOI: <https://doi.org/10.1080/19390211.2019.1604604> (<https://doi.org/10.1080/19390211.2019.1604604>)

35. Xu X.Y., Meng X., Li S., Gan R.Y., Li Y., Li H.B. Bioactivity, health benefits, and related molecular mechanisms of curcumin: current progress, challenges, and perspectives // *Nutrients*. 2018. Vol. 10, N 10. P. 1553. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10101553> (<https://doi.org/10.3390/nu10101553>).

36. Fernández-Lázaro D., Mielgo-Ayuso J., Seco Calvo J., Córdova Martínez A., Caballero García A., Fernandez-Lazaro C.I. Modulation of exercise-induced muscle damage, inflammation, and oxidative markers by curcumin supplementation in a physically active population: a systematic review // *Nutrients*. 2020. Vol. 12, N 2. P. 501. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12020501> (<https://doi.org/10.3390/nu12020501>)

37. Kotha R.R., Luthria D.L. Curcumin: Biological, pharmaceutical, nutraceutical, and analytical aspects // *Molecules*. 2019. Vol. 24, N 16. P. 2930. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24162930> (<https://doi.org/10.3390/molecules24162930>)

</10.3390/molecules24162930>)

38. Na L.X., Yan B.L., Jiang S., Cui H.L., Li Y., Sun C.H. Curcuminoids target decreasing serum adipocyte-fatty acid binding protein levels in their glucose-lowering effect in patients with type 2 diabetes // *Biomed. Environ. Sci.* 2014. Vol. 27, N 11. P. 902-906. DOI: <https://doi.org/10.3967/bes2014.127> (<https://doi.org/10.3967/bes2014.127>).

39. Boz I., Belviranlı M., Okudan N. Curcumin modulates muscle damage but not oxidative stress and antioxidant defense following eccentric exercise in rats // *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 2014. Vol. 84, N 3-4. P. 163-172. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-398397-8.00008-3> (<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-398397-8.00008-3>)

40. Tranchida F., Rakotoniaina Z., Shintu L., Tchiakpe L., Deyris V., Yemloul M. et al. Hepatic metabolic effects of *Curcuma longa* extract supplement in high-fructose and saturated fat fed rats // *Sci. Rep.* 2017. Vol. 7, N 1. P. 5880. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06220-0> (<https://doi.org/10.1038/s41598-017-06220-0>)

41. Trujillo J., Granados-Castro L.F., Zazueta C., Andérica-Romero A.C., Chirino Y.I., Pedraza-Chaverrí J. Mitochondria as a target in the therapeutic properties of curcumin // *Arch. Pharm. (Weinheim)*. 2014. Vol. 347, N 12. P. 873-884. DOI: <https://doi.org/10.1002/ardp.201400266> (<https://doi.org/10.1002/ardp.201400266>)

42. Yoon W.Y., Lee K., Kim J. Curcumin supplementation and delayed onset muscle soreness (DOMS): effects, mechanisms, and practical considerations // *Phys. Act. Nutr.* 2020. Vol. 24, N 3. P. 39-43. DOI: <https://doi.org/10.20463/pan.2020.0020> (<https://doi.org/10.20463/pan.2020.0020>)

43. Sciberras J.N., Galloway S.D., Fenech A., Grech G., Farrugia C., Duca D. et al. The effect of turmeric (Curcumin) supplementation on cytokine and inflammatory marker responses following 2 hours of endurance cycling // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2015. Vol. 12, N 1. P. 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0066-3> (<https://doi.org/10.1186/s12970-014-0066-3>)

44. Soleimani V., Sahebkar A., Hosseinzadeh H. Turmeric (*Curcuma longa*) and its major constituent (curcumin) as nontoxic and safe substances: review // *Phytother. Res.* 2018. Vol. 32, N 6. P. 985-995. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.6054> (<https://doi.org/10.1002/ptr.6054>)

45. Kumar A., Sasmal D., Jadav S.S., Sharma N. Mechanism of immunoprotective effects of curcumin in DLM-induced thymic apoptosis

and altered immune function: an in silico and in vitro study // Immunopharmacol. Immunotoxicol. 2015. Vol. 37, N 6. P. 488-498. DOI: <https://doi.org/10.3109/08923973.2015.1091004> (<https://doi.org/10.3109/08923973.2015.1091004>)

46. Cianciulli A., Calvello R., Porro C., Trotta T., Salvatore R., Panaro M.A. PI3k/Akt signalling pathway plays a crucial role in the anti-inflammatory effects of curcumin in LPS-activated microglia // Int. Immunopharmacol. 2016. Vol. 36. P. 282-290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.05.007> (<https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.05.007>)

47. Disilvestro R.A., Joseph E., Zhao S., Joshua B. Diverse effects of a low dose supplement of lipidated curcumin in healthy middle aged people // Nutr. J. 2012. Vol. 11, N 1186. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-79> (<https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-79>)

## ЖУРНАЛЫ «ГЭОТАР-МЕДИА»

48. Anand S., Ravindranathan R., Ravindranathan R. Bioavailability of curcumin: problems and promises // Mol. Pharm. 2007. Vol. 4, N 6. P. 807-818. DOI: <https://doi.org/10.1021/mp700113r>



Журнал основан в 1932 г. (<https://doi.org/10.1021/mp700113r>)

Периодичность: 6 номеров в год.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации от 11.12.2002: ПИ № 77 - 14119

Федеральная служба по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа": 115035, г. Москва, Садовническая ул., д. 11/12 (метро Новокузнецкая).  
Телефон: (495) 921-39-07  
[www.geotar.ru](http://www.geotar.ru)  
(<http://www.geotar.ru/pages/index.html>)