

# ОБЗОРЫ

УДК 616.211/.23-002-036-08:578.834.1]:577.164.2

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2023.1.79>**М. Р. Конорев, Н. Р. Прокошина, Т. М. Соболенко**

## **РОЛЬ ВИТАМИНА С В АДЬЮВАНТНОЙ ТЕРАПИИ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ И COVID-19: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ. ЧАСТЬ 1**

**Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь**

*Витамин С обладает известными антиоксидантными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами. Данный витамин является безрецептурным препаратом, который традиционно применяют для снижения риска развития и лечения респираторных инфекций. В то же время целесообразность использования витамина С для адювантной терапии вирусных инфекций дыхательных путей до настоящего времени остается предметом научных исследований и дискуссий. В первой части обзора представлены современные данные о биологической роли и фармакологических свойствах витамина С, нормах потребления и пищевых источниках, а также дефиците и токсичности витамина. Рассмотрены результаты клинических исследований, систематических обзоров и мета-анализов по применению витамина С для профилактики и лечения инфекций верхних дыхательных путей.*

**Ключевые слова:** витамин С, аскорбиновая кислота, инфекции верхних дыхательных путей, COVID-19, SARS-CoV-2.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Витамин С (аскорбиновая кислота) – водорастворимый витамин с известными антиоксидантными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами [1–3]. Лекарственные препараты и биологически активные добавки аскорбиновой кислоты широко используются для профилактики и симптоматического лечения острых респираторных вирусных инфекций, при этом содержание в них витамина С варьирует от 25–50 мг до 1–2 г. Однако результаты клинических исследований по использованию добавок витамина С для профилактики или сокращения продолжительности инфекций дыхательных путей показывают противоречивые результаты [4–8]. В связи с пандемией новой коронавирусной инфекции COVID-19 возник интерес к применению витамина С для профилактики и дополнительной терапии данного заболевания [9–11].

Цель исследования – представить современные данные о роли витамина С в профилактике и адювантной терапии вирусных инфекций верхних дыхательных путей и COVID-19.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использовали методы литературного исследования и анализа современной научной литературы. Проанализированы данные библиографических баз статей по медицинским наукам PubMed-NCBI, научной электронной библиотеки eLIBRARY.ru по теме исследования. Финальный поиск осуществлен в марте 2023 г.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

#### **Биологическая роль и фармакологические свойства витамина С**

Витамин С (L-аскорбиновая кислота) поступает в организм человека исключительно с пищей. В отличие от большинства позвоночных животных, которые синтезируют аскорбиновую кислоту из глюкозы в печени и почках, человек в процессе эволюции утратил такую способность [12, 13]. Витамин С участвует в многочисленных физиологических реакциях организма. Действуя как восстановитель, аскорбиновая кислота отдает электрон субстрату, а сама окисляется до аскорбилового радикала. Две молекулы аскорбила могут

распадается на 1 молекулу аскорбата и 1 молекулу дегидроаскорбиновой кислоты – полностью восстановленную и окисленную формы витамина С соответственно.

Витамин С, являясь высокогидрофильным, не может напрямую диффундировать через гидрофобный липидный слой мембраны клетки. В цитоплазматической мембране существует специфическая транспортная система – натрий-зависимые транспортеры витамина С двух подтипов SVCT1 и SVCT2, которые осуществляют большую часть кишечного всасывания, распределения в тканях и почечную реабсорбцию аскорбата [1, 12]. Если потребление витамина С у человека превышает ~ 400 мг в день, достигается гомеостатическое состояние с максимальными постоянными концентрациями в плазме от 60 до 90 мкмоль/л и внутриклеточными концентрациями от 0,5 до 10 мкмоль/л в зависимости от ткани. Самые высокие концентрации витамина С обнаружены в мозге, глазах и надпочечниках [1]. Установлено, что при приеме разовой дозы более 1000 мг биодоступность витамина может снизиться почти на 30%. Это происходит потому, что при пероральном введении 500–1000 мг витамина С кишечный транспортер (SVCT1) быстро достигает своего максимального насыщения, а экскреция витамина с мочой прогрессивно увеличивается [14, 15].

Биологическая роль витамина С связана с его восстановленной формой (аскорбатом) и может быть разделена на ферментативные и неферментативные функции. Наиболее известная ферментативная функция витамина С заключается в том, что он является кофактором для ферро-[Fe(II)] и 2-оксоглутарат-зависимых диоксигеназ в синтезе коллагена. Эти ферменты катализируют гидроксирование остатков лизина и пролина в развернутых цепях проколлагена, которые являются строительными блоками трехспиральной структуры зрелого функционального коллагена. Аскорбат также служит донором электронов для различных ферментов, катализирующих биосинтез карнитина и норэпинефрина, амидирование пептидных гормонов и метаболизм тирозина. Аскорбат-опосредованное гидроксирование гипоксия-индуцибельного фактора 1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ) регулирует транскрипцию нескольких генов, кодирующих белки, участвующие в гомеостазе железа, ангио-

генезе и клеточной пролиферации. Витамин С играет важную роль в функционировании сосудов за счет модулирования вазорелаксации путем увеличения синтеза NO, а также регулирования активности NADPH-оксидаз, участвующих в воспалительном генном ответе [16].

Помимо участия в ферментативных процессах, аскорбат является мощным антиоксидантом, способным обезвреживать свободные радикалы и реактивные формы кислорода. Кроме того, аскорбат может восстанавливать витамин Е ( $\alpha$ -токоферол) из его окисленной формы, что позволяет витамину С косвенно ингибировать перекисное окисление липидов. Являясь частью антиоксидантной сети в клетках и внеклеточных жидкостях, аскорбат также может восстанавливать радикалы урата и глутатиона [1].

Витамин С играет важную роль в иммунной защите как участник реакций врожденного и адаптивного иммунитета. Накапливаясь в фагоцитирующих клетках, он может усиливать хемотаксис, фагоцитоз и генерацию реактивных форм кислорода, а также необходим для апоптоза и удаления макрофагами отработанных нейтрофилов из очагов инфекции. Роль витамина С в лимфоцитах менее ясна, но было показано, что он усиливает дифференциацию и пролиферацию В- и Т-клеток, вероятно, благодаря своим генным регулирующим эффектам [17–19].

#### **Нормы потребления и пищевые источники витамина С**

Рекомендуемая в разных странах суточная норма потребления (СНП) для витамина С варьирует от 40 до 110 мг/сут. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, СНП витамина С для мужчин и женщин составляет 45 мг/сут. В то же время установленная Европейским управлением по безопасности пищевых продуктов СНП является одной из самых высоких в мире и составляет 110 мг/сут для мужчин и 95 мг/сут для женщин (поддержание концентрации аскорбата в плазме крови натошак около 50 мкмоль/л). Среди факторов, которые могут оказывать влияние на потребность в витамине С, указываются пол, возраст, беременность и лактация [20]. Так, более высокий статус витамина С у женщин по сравнению с мужчинами может частично

объясняться большей массой тела и большей безжировой массой у мужчин [20, 21]. У детей и подростков рекомендуемая СНП витамина С рассчитывается обычно исходя из нормы для взрослых в соответствии с массой тела. Также согласно данным ряда эпидемиологических исследований выявлены более низкие уровни витамина С у пожилых людей, однако в настоящее время только во Франции рекомендовано увеличение СНП витамина С до 120 мг для

лиц старше 75 лет [20, 22]. Потребность в витамине С повышается у женщин в период беременности и лактации, в связи с чем во многих странах рекомендуется увеличение СНП на 10–20 мг/сут для беременных и на 20–60 мг/сут для кормящих женщин [20]. Нормы физиологических потребностей в витамине С для различных групп населения Республики Беларусь согласно действующим санитарным нормам и правилам представлены в таблице 1 [23].

Таблица 1. – Нормы физиологических потребностей в витамине С в Республике Беларусь [23]

Группа	Доза витамина С, мг/сут
Дети первого года жизни	
0–3 мес.	30
4–6 мес.	35
7–12 мес.	40
Дети 1–17 лет	
1–3 года	45
4–6 лет	50
7–10 лет	60
11–13 лет, мальчики	70
11–13 лет, девочки	60
14–17 лет, юноши	90
14–17 лет, девушки	70
Взрослые 18–75 лет и старше	90
Беременные женщины (2-ая половина беременности)	100
Кормящие женщины	120

Помимо существующих в настоящее время норм потребления витамина С, основанных на профилактике гиповитаминоза, предложена «оптимальная диетическая норма» витамина С, составляющая 200 мг/сут для большинства взрослого населения. Такая диетическая норма, установленная на основании данных, полученных в ходе метаболических, фармакокинетических и обсервационных исследований, а также рандомизированных клинических исследований (РКИ), позволяет максимизировать потенциальную пользу витамина для здоровья с минимальным риском недостаточности или неблагоприятных последствий для здоровья [14].

Основными диетическими источниками витамина С являются свежие фрукты и овощи. Наибольшее количество витамина С содержится в сливе какаду из Австралии (136–22490 мг/100 г сухой массы), каму-каму (850–5000 мг/100 г свежей массы) и ацероле (820–4023 мг/100 г свежей массы) из Южной Америки. В Европе и Азии лидерами по содержанию данного витамина

являются облепиха и шиповник. Также ряд других фруктов и овощей имеют высокое содержание витамина С (таблица 2) [2]. При этом многие основные продукты питания, такие как зерновые (рис, просо, пшеница, кукуруза), некоторые крахмалистые корнеплоды и клубни, мясо, яйца и молочные продукты содержат незначительное количество данного витамина. В северных (арктических) регионах люди традиционно применяли альтернативные источники витамина С, такие как травяные чаи, настойки из шиповника, хвой, коры деревьев и органы животных (сырая печень, китовая кожа).

Содержание витамина С в отдельных видах растений сильно варьирует под влиянием ряда факторов: место выращивания, время сбора урожая, погодные условия, широта, генотип, агротехнологии, вид обработки. При кипячении или приготовлении на пару водорастворимые витамины вымываются из продуктов, а длительная варка может разрушать витамин С. Сушка листовых овощей также уменьшает коли-

Таблица 2. – Содержание витамина С в отдельных фруктах, овощах и лекарственных растениях [2]

Наименование	Содержание витамина С
Фрукты	
<i>Черная смородина</i>	148–310* 60–250***
<i>Киви</i>	60–78*
<i>Клубника</i>	65*
<i>Апельсин</i>	41–58*
<i>Лимон</i>	31* 30***
<i>Мандарин</i>	27*
<i>Яблоко</i>	11–35*
<i>Груша</i>	7–29*
Овощи	
<i>Брокколи</i>	25–130*
<i>Перец</i>	107–154*
<i>Картофель</i>	8–30*
<i>Помидоры</i>	9–17*
<i>Квашеная капуста</i>	103–277**
Лекарственные растения и травы	
<i>Облепиха</i>	70–1320***
<i>Шиповник</i>	40–360*
<i>Кориандр</i>	48–98*
<i>Шнитт-лук</i>	93*
<i>Петрушка</i>	59*

Примечание: \* – мг/100 г свежей массы; \*\* – мг/100 г сухой массы; \*\*\* – мг/100 мл сока

чество водорастворимых витаминов, что следует учитывать при диетической оценке потребления витамина С. При необходимости длительного хранения фруктов и овощей глубокая заморозка является наилучшим способом для сохранения данного витамина. Определено, что оптимальное потребление витамина С (200 мг/сут) можно получить из 5–9 порций свежих, минимально обработанных или замороженных фруктов и овощей в день [1, 2, 24]. Прием добавок витамина С, в случае его недостаточного поступления с пищей, может помочь поддержать его оптимальный уровень. При этом установлено, что существующие различные формы добавок витамина С в целом имеют такую же биодоступность, как у витамина С, получаемого с пищей [25].

### Дефицит витамина С

Содержание аскорбиновой (от греч.  $\alpha$  «не-» + лат. scorbutus «цинга») кислоты в плазме крови ниже 23 мкмоль/л соответствует состоянию гиповитаминоза, а при

его уровне в плазме ниже 11 мкмоль/л развиваются клинические признаки авитаминоза (цинга) [26]. Типичные симптомы тяжелого дефицита витамина С, известные в течение многих веков, такие как мышечная слабость, воспаление и кровоточивость десен, выпадение зубов, петехиальные кровоизлияния, нарушение заживления ран, связаны в основном с нарушением биосинтеза коллагена. В то время как ранние симптомы цинги, к которым относятся слабость, вялость, утомляемость, можно объяснить нарушением синтеза карнитина, поскольку его дефицит приводит к снижению окисления жирных кислот в мышцах и других тканях, а также снижением синтеза гормонов норадреналина и эпинефрина [1, 2].

Хотя в настоящее время цинга является редким заболеванием, дефицит витамина С, вызванный неправильным питанием, полностью не преодолен. В недавнем обзоре Rowe S., Carr A.C. [27] показано, что дефицит витамина С распространен во всем мире, особенно в странах с низким и

средним уровнями дохода, а также в определенных подгруппах в странах с высоким уровнем дохода. Помимо недостатка этого нутриента в пище, были установлены дополнительные факторы риска дефицита витамина С, такие как курение, беременность, низкий социально-экономический статус, генетическая предрасположенность, пожилой возраст, интенсивные физические нагрузки, ожирение. Курение снижает уровень витамина С в плазме крови в среднем на 25–50%, что может объясняться повышенным окислительным стрессом. Кроме того, существует ряд патологий, таких как тяжелые инфекции и различные неинфекционные заболевания (сердечно-сосудистые, сахарный диабет, хронические заболевания легких), при которых уровень витамина С в плазме снижается. Более низкие уровни витамина С при этих состояниях, вероятно, связаны с повышенной потребностью в витамине С [1, 2, 24, 27]. Также в ряде работ сообщалось, что старение, окислительный стресс и воспалительные факторы вызывают нарушение экспрессии транспортеров витамина С (SVCT1 и SVCT2) [28, 29]. С развитием технологии секвенирования генома в некоторых исследованиях были обнаружены полиморфизмы в областях транспортеров, которые показали корреляцию со значительным снижением уровня витамина С в плазме, несмотря на высокое пищевое потребление витамина [30, 31].

### **Токсичность**

Витамин С обладает хорошим профилем безопасности благодаря высокой растворимости в воде и быстрому выведению избыточных уровней почками [1]. Верхний допустимый уровень потребления витамина С, согласно действующим санитарным нормам и правилам в Республике Беларусь, составляет 900 мг в сутки [23]. Более высокие дозы (от 2 г до 5–10 г) при пероральном приеме повышают риск возникновения осмотической диареи и связанных с ней желудочно-кишечных расстройств [1, 2]. В организме человека витамин С частично метаболизируется в оксалат и дозозависимо повышает уровень оксалатов в моче. Парентеральные препараты витамина С также могут содержать оксалат, вероятно, потому, что он легко образуется *in vitro* из витамина С при более высоком pH. Увеличение содержания оксалатов в моче

является ведущим фактором образования кальциевых камней [2]. В настоящее время имеются данные о связи между приемом добавок витамина С и риском образования камней в почках у мужчин [32].

### **Витамин С и инфекции верхних дыхательных путей**

Острые респираторные вирусные инфекции являются одними из самых распространенных заболеваний в мире. В англоязычной литературе широко используется термин «common cold», который определяется как инфекция верхних дыхательных путей (ИВДП), вызванная различными вирусами, характеризующаяся такими симптомами, как чихание, заложенность носа, насморк, боль в горле, кашель, головная боль, лихорадка, боли в мышцах и другими. Более 200 серологически различных вирусных штаммов вызывают ИВДП у человека, при этом наиболее распространенными являются риновирусы, сезонные коронавирусы, аденовирусы, респираторно-синцитиальный вирус, вирусы гриппа и парагриппа. Из-за схожести симптомов в большинстве случаев нет возможности отличить их клинически [7, 33]. Дети переносят вирусные ИВДП в среднем 6–10 (до 12 у школьников) раз в год, взрослые болеют 2–5 раз год, со средней продолжительностью 9 дней. Осложнениями могут быть бактериальные инфекции верхних и нижних дыхательных путей, декомпенсация сердечно-сосудистых и других хронических заболеваний, что приводит к значительному экономическому ущербу в связи с потерей трудоспособности и затратами на лечение [34, 35].

Витамин С участвует в регуляции функций системы иммунитета и влияет на риск и тяжесть инфекционных заболеваний дыхательных путей. В свою очередь, инфекции снижают уровень витамина С из-за усиления воспаления и метаболических потребностей [17]. В семидесятых годах прошлого века лауреат Нобелевской премии по химии (1954 г.) и Нобелевской премии мира (1962 г.) Лайнус Полинг сформулировал теорию альтернативной ортомолекулярной медицины, предполагающую применение витаминов, аминокислот, различных питательных веществ в форме биологически активных добавок и продуктов питания для лечения и профилактики заболеваний. В своей книге «Ви-

тамин С и простуда» Л. Полинг обосновывает применение витамина С в дозах, превышающих рекомендуемые нормы потребления, для снижения частоты и уменьшения тяжести простудных заболеваний. С целью убеждения медицинского сообщества в правоте своей теории Л. Полинг опубликовал анализ известных к тому времени контролируемых исследований по применению витамина С при респираторных инфекциях [36]. Однако вывод о том, что ежедневное потребление витамина С в количестве 1000 мг может снизить частоту простудных заболеваний на 45% был основан на данных одного РКИ, проведенного у школьников в горнолыжном лагере в швейцарских Альпах [37].

До настоящего времени целесообразность применения витамина С для профилактики и лечения вирусных ИВДП остается предметом дискуссий. Так, в 2013 г. финские ученые провели мета-анализ 29 сравнительных исследований, изучавших влияние приема витамина С в дозе не менее 200 мг в сутки на риск развития и продолжительность вирусных ИВДП. Анализ 24 из 29 исследований (10708 участников) не выявил статистически значимого снижения заболеваемости ИВДП при регулярном приеме витамина С в общей популяции (относительный риск (ОР) 0,97; 95% доверительный интервал (ДИ) 0,94–1,00). В тоже время в пяти РКИ, вошедших в данный мета-анализ, с участием 598 лиц, подвергающихся экстремальным физическим нагрузкам (марафонцы, лыжники, военнослужащие в субарктическом климате), показано снижение вдвое частоты простудных заболеваний (ОР 0,48; 95% ДИ 0,35–0,64). Интересно отметить, что в трех из этих пяти исследований доза витамина С составляла менее 1 г/сут. Таким образом, польза приема витамина С в этой подгруппе может объясняться не высокими дозами витамина, а экстраординарными условиями жизни участников. При анализе влияния регулярного приема витамина С на длительность ИВДП (31 исследование, 9745 эпизодов) установлено снижение продолжительности заболевания на 8% (от 3% до 12%) у взрослых и на 14% (от 7% до 21%) у детей [38].

Мета-анализ Gómez E. и соавт. (2018 г.), включавший восемь систематических обзоров (45 исследований, из которых 31 было рандомизированным), также не подтвер-

дил влияния потребления витамина С на снижение заболеваемости ИВДП [39]. Эти же авторы провели мета-анализ четырех систематических обзоров, которые включали семь РКИ (3249 пациентов) с оценкой влияния приема витамина С на продолжительность ИВДП. В трех из этих исследований (2569 пациентов) сообщалось о количестве дней, проведенных дома или вне работы. Установлено, что витамин С оказывает минимальное или нулевое влияние на продолжительность ИВДП: без приема витамина С – 5,8 дня, с приемом витамина С – 5,63 дня (стандартизированная разность средних, СРС = -0,17 дня; 95% ДИ от -0,48 до 0,14). Количество дней, проведенных дома или вне работы без и с приемом витамина С, составило 0,88 и 0,80 соответственно (СРС = -0,08 дня; 95% ДИ от -0,18 до 0,09) [40].

В то же время имеются ограниченные данные, демонстрирующие пользу применения витамина С. Исследователи из Китая в 2020 году [35] проанализировали 10 РКИ, в которых оценивали эффект дополнительной терапии витамином С для лечения ИВДП. Эффективность лечения (ОР 1,27; 95% ДИ 1,08–1,48,  $p = 0,003$ ), время уменьшения выраженности симптомов (СРС = -15,84; 95% ДИ от -17,02 до -14,66,  $p < 0,00001$ ) и время купирования симптомов (СРС = -9,60; 95% ДИ от -14,98 до -4,22,  $p = 0,0005$ ) были лучше в группе, принимавшей витамин С, по сравнению с группой, получавшей только противовирусную терапию (рибавирин).

До настоящего времени остается спорным вопрос целесообразности регулярного применения высоких доз витамина С с целью снижения риска возникновения ИВДП. Так, в опубликованном в 1979 году РКИ изучалось влияние профилактического приема витамина С в дозе 2 г в день на заболеваемость ИВДП у 674 американских морских пехотинцев в течение 8-недельного периода. Уровень аскорбиновой кислоты в цельной крови, измеренный через 6 недель после начала исследования, был значительно выше в группе, принимавшей витамин С, при этом между двумя группами не было разницы в частоте и продолжительности простудных заболеваний [41]. В исследовании Constantini N.W. и соавт. [42], проведенном в Израиле (2011 г.), изучалось влияние приема 1 г/сут витамина С на частоту, продолжительность и тяжесть

ИВДП у пловцов-подростков. Установлено, что витамин С не оказал влияния на частоту возникновения ИВДП (ОР 1,01; 95% ДИ 0,70–1,46). Продолжительность респираторных инфекций была на 22% короче в группе витамина С, но разница не была статистически значимой. В то же время была выявлена зависимость между эффектом витамина С и полом. Витамин С сократил продолжительность инфекций у мужчин-пловцов на 47% (95% ДИ от -80% до -14%), но не оказал никакого эффекта на женщин-пловчих.

В мета-анализе Li Ran и соавт. (2018 г.) было установлено, что назначение дополнительных терапевтических доз витамина С в холодное время года помогает сократить продолжительность ИВДП (СРС = -0,56; 95% ДИ от -1,03 до -0,10,  $p = 0,02$ ), сократить время пребывания дома (СРС = -0,41; 95% ДИ от -0,62 до -0,19,  $p = 0,0002$ ) и уменьшить выраженность симптомов, включая боль в груди ( $p = 0,03$ ), лихорадку ( $p = 0,009$ ) и озноб ( $p = 0,01$ ). Исследователи делают вывод, что вышеизложенные результаты позволяют рекомендовать ежедневную профилактическую дозу витамина С (до 1 г/сут) и высокую дозу витамина С во время простуды (3–4 г/сут) [7].

Согласно данным недавно проведенного мета-анализа (2021 г.), добавки витамина С снижали риск возникновения острых респираторных инфекций (ОР 0,96; 95% ДИ 0,93–0,99,  $p = 0,01$ ) и сокращали длительность симптомов (-9%; 95% ДИ от -16% до -2%,  $p = 0,014$ ). Влияние витамина С на профилактику острых респираторных инфекций было сильнее среди мужчин и в странах со средним уровнем дохода по сравнению с женщинами и странами с высоким уровнем дохода соответственно [43].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Накопленные знания о биологической роли витамина С показывают, что его диетическое потребление в дозе 200 мг в сутки для большинства взрослого населения может обеспечить оптимальный уровень витамина в клетках и тканях. Такое количество витамина С содержится в 5–9 порциях свежих, минимально обработанных или замороженных фруктов и овощей в день. При недостаточном поступлении с пищей витамина С, для поддержания его

оптимального уровня используется прием добавок витамина. Необходимость в витамине С также может возрастать во время инфекционных заболеваний дыхательных путей для компенсации воспалительной реакции и повышенных метаболических потребностей.

Благодаря традиционным представлениям об укрепляющем воздействии витамина С на иммунитет, он является популярным безрецептурным препаратом, который применяют как для профилактики, так и для лечения простудных заболеваний. В то же время целесообразность применения витамина С для адьювантной терапии вирусных ИВДП остается предметом исследований и научных споров на протяжении нескольких десятилетий. Опубликованы многочисленные данные как в поддержку увеличения потребления с пищей или добавками витамина С для снижения заболеваемости ИВДП, так и отвергающие эту гипотезу. Разногласия результатов систематических обзоров и мета-анализов могут быть связаны с различиями методологии (дозировок, длительности лечения витамином С и др.) включенных исследований. Кроме того, при оценке влияния добавок витамина С на здоровье человека, необходимо учитывать особенности процессов всасывания, распределения в тканях и почечной реабсорбции аскорбата с участием специфических белков-переносчиков, что ограничивает его биодоступность при пероральном приеме высоких доз.

Таким образом, в настоящее время недостаточно данных для подтверждения эффективности применения витамина С для профилактики или лечения ИВДП среди населения в целом. В то же время, учитывая наличие ограниченных позитивных результатов использования витамина С для профилактики ИВДП у лиц, выполняющих интенсивные физические нагрузки, а также данных о дефиците этого витамина в определенных группах (низкий социально-экономический статус, беременность, генетическая предрасположенность, курение, пожилой возраст, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, метаболический синдром), необходимы дальнейшие исследования высокого качества, изучающие роль витамина С в адьювантной терапии вирусных ИВДП с учетом с вышеупомянутых факторов.

**SUMMARY**

M. R. Konorev, N. R. Prakoshyna,  
T. M. Sabalenka

**THE ROLE OF VITAMIN C IN THE  
ADJUVANT THERAPY OF VIRAL UPPER  
RESPIRATORY TRACT INFECTIONS  
AND COVID-19: REALITY  
AND PROSPECTS. PART 1**

Vitamin C possesses well-known antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulating properties. This vitamin is an over-the-counter preparation traditionally used to reduce the risk of developing and to treat the respiratory infections. At the same time advisability of using vitamin C for adjuvant therapy of viral respiratory tract infections is still the subject of scientific research and discussions up to the present moment. The first part of the review presents current data on the biological role and pharmacological properties of vitamin C, consumption rates and food sources, as well as deficiency and toxicity of the vitamin. The results of the clinical studies, systematic reviews and meta-analyses on the use of vitamin C for the prevention and treatment of the upper respiratory tract infections are considered.

Keywords: vitamin C, ascorbic acid, upper respiratory tract infections, COVID-19, SARS-CoV-2.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Lykkesfeldt, J. Vitamin C / J. Lykkesfeldt, A.J. Michels, B. Frei // *Advances in nutrition*. – 2014. – Vol. 5, N 1. – P. 16–18.
2. Vitamin C – sources, physiological role, kinetics, deficiency, use, toxicity, and determination [Electronic resource] / M. Dosedel [et al.] // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, N 2. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7918462/pdf/nutrients-13-00615.pdf>. – Date of access: 10.02.2023.
3. Mousavi, S. Immunomodulatory and antimicrobial effects of vitamin C / S. Mousavi, S. Bereswill, M. M. Heimesaat // *Europ. j. of microbiology & immunology*. – 2019. – Vol. 9, N 3. – P. 73–79.
4. Hemilä, H. Vitamin C and Infections [Electronic resource] / H. Hemilä // *Nutrients*. – 2017. – Vol. 9, № 4. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409678/pdf/nutrients-09-00339.pdf>. – Date of access: 14.02.2023.
5. Examining the evidence for the use of vitamin C in the prophylaxis and treatment of the common cold / K. A. Heimer [et al.] // *J. of*

*the Amer. Acad. of Nurse Practitioners*. – 2009. – Vol. 21, N 5. – P. 295–300.

6. Efficacy of vitamin C for the prevention and treatment of upper respiratory tract infection. A meta-analysis in children / P. Vorilhon [et al.] // *Europ. j. of clinical pharmacology*. – 2019. – Vol. 75, N 3. – P. 303–311.

7. Extra dose of vitamin C based on a daily supplementation shortens the common cold: a meta-analysis of 9 randomized controlled trials [Electronic resource] / L. Ran [et al.] // *BioMed research intern*. – 2018. – Vol. 2018. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6057395/pdf/BMRI2018-1837634.pdf>. – Date of access: 14.02.2023.

8. Lykkesfeldt, J. On the effect of vitamin C intake on human health: How to (mis)interpret the clinical evidence [Electronic resource] / J. Lykkesfeldt // *Redox biology*. – 2020. – Vol. 34. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7296342/pdf/main.pdf>. – Date of access: 22.02.2023.

9. The long history of vitamin C: from prevention of the common cold to potential aid in the treatment of COVID-19 [Electronic resource] / G. Cerullo [et al.] // *Frontiers immunology*. – 2020. – Vol. 11. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7655735/pdf/fimmu-11-574029.pdf>. – Date of access: 24.02.2023.

10. Dietary supplements intake during the second wave of COVID-19 pandemic: a multinational Middle Eastern study [Electronic resource] / T. L. Mukattash [et al.] // *Europ. j. of integrative medicine*. – 2022. – Vol. 49. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8754456/pdf/main.pdf>. – Date of access: 24.02.2023.

11. Speakman, L. L. Vitamins, supplements and COVID-19: a review of currently available evidence [Electronic resource] / L. L. Speakman, S. M. Michienzi, M. E. Badowski // *Drugs in context*. – 2021. – Vol. 10. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8496749/pdf/dic-2021-6-2.pdf>. – Date of access: 01.03.2023.

12. Lykkesfeldt, J. The pharmacokinetics of vitamin C [Electronic resource] / J. Lykkesfeldt, P. Tveden-Nyborg // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11, N 10. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6835439/pdf/nutrients-11-02412.pdf>. – Date of access: 01.03.2023.

13. Yang, H. Conserved or lost: molecular evolution of the key gene GULO in vertebrate vitamin C biosynthesis / H. Yang // *Biochemical genetics*. – 2013. – Vol. 51, N 5/6. – P. 413–425.

14. Frei, B. Authors' perspective: what is the optimum intake of vitamin C in humans? / B. Frei, I. Birlouez-Aragon, J. Lykkesfeldt // *Crit. reviews in food science and nutrition*. – 2012. – Vol. 52,



N 9. – P. 815–829.

15. Levine, M. Vitamin C: a concentration-function approach yields pharmacology and therapeutic discoveries / M. Levine, S. J. Padayatty, M. G. Espey // *Advances in nutrition*. – 2011. – Vol. 2, N 2. – P. 78–88.

16. Tveden-Nyborg, P. Does vitamin C deficiency increase lifestyle-associated vascular disease progression? Evidence based on experimental and clinical studies / P. Tveden-Nyborg, J. Lykkesfeldt // *Antioxidants & redox signaling*. – 2013. – Vol. 19, N 17. – P. 2084–2104.

17. Carr, A. C. Vitamin C and immune function [Electronic resource] / A. C. Carr, S. Maggini // *Nutrients*. – 2017. – Vol. 9, N 11. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5707683/pdf/nutrients-09-01211.pdf>. – Date of access: 02.03.2023.

18. Liugan, M. Vitamin C and neutrophil function: findings from randomized controlled trials [Electronic resource] / M. Liugan, A. C. Carr // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11, N 9. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770220/pdf/nutrients-11-02102.pdf>. – Date of access: 05.03.2023.

19. Vitamin C promotes maturation of T-cells / J. Manning [et al.] // *Antioxidants & redox signaling*. – 2013. – Vol. 19, N 17. – P. 2054–2067.

20. Carr, A. C. Discrepancies in global vitamin C recommendations: a review of RDA criteria and underlying health perspectives / A. C. Carr, J. Lykkesfeldt // *Crit. reviews in food science and nutrition*. – 2021. – Vol. 61, N 5. – P. 742–755.

21. Jungert, A. The lower vitamin C plasma concentrations in elderly men compared with elderly women can partly be attributed to a volumetric dilution effect due to differences in fat-free mass / A. Jungert, M. Neuhauser-Berthold // *The Brit. j. of nutrition*. – 2015. – Vol. 113, N 5. – P. 859–864.

22. Martin, A. The "apports nutritionnels conseillés (ANC)" for the French population / A. Martin // *Reprod., nutrition, development*. – 2001. – Vol. 41, N 2. – P. 119–128.

23. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180, с изменениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16 ноября 2015 г. № 111 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/pishchevye-produkty-i-pishchevye-dobavki.php?sphrase\\_](http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/pishchevye-produkty-i-pishchevye-dobavki.php?sphrase_)

id=457342. – Дата доступа: 10.03.2023.

24. Carr, A. C. Factors affecting vitamin C status and prevalence of deficiency: a global health perspective [Electronic resource] / A. C. Carr, S. Rowe // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, N 7. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400679/pdf/nutrients-12-01963.pdf>. – Date of access: 10.03.2023.

25. Carr, A. C. Synthetic or food-derived vitamin C – are they equally bioavailable? / A. C. Carr, M. C. Vissers // *Nutrients*. – 2013. – Vol. 5, N 11. – P. 4284–4304.

26. Lykkesfeldt, J. Is vitamin C supplementation beneficial? Lessons learned from randomised controlled trials / J. Lykkesfeldt, H. E. Poulsen // *The Brit. j. of nutrition*. – 2010. – Vol. 103, N 9. – P. 1251–1259.

27. Rowe, S. Global vitamin C status and prevalence of deficiency: a cause for concern? [Electronic resource] / S. Rowe, A. C. Carr // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, N 7. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400810/pdf/nutrients-12-02008.pdf>. – Date of access: 10.03.2023.

28. Downregulation of vitamin C transporter SVCT-2 in doxorubicin-induced cardiomyocyte injury / A. R. Ludke [et al.] // *Amer. j. of physiol. Cell physiol.* – 2012. – Vol. 303, N 6. – P. C645–C653.

29. Upregulation of sodium-dependent vitamin C transporter 2 expression in adrenals increases norepinephrine production and aggravates hyperlipidemia in mice with streptozotocin-induced diabetes / X. Wu [et al.] // *Biochemical pharmacology*. – 2007. – Vol. 74, N 7. – P. 1020–1028.

30. Cahill, L. E. Vitamin C transporter gene polymorphisms, dietary vitamin C and serum ascorbic acid / L. E. Cahill, A. El-Soheby // *J. of nutrigenetics nutrigenomics*. – 2009. – Vol. 2, N 6. – P. 292–301.

31. Michels, A. J. Human genetic variation influences vitamin C homeostasis by altering vitamin C transport and antioxidant enzyme function / A. J. Michels, T. M. Hagen, B. Frei // *Annual review of nutrition*. – 2013. – Vol. 33. – P. 45–70.

32. Ascorbic acid supplements and kidney stones incidence among men and women: A systematic review and meta-analysis / K. Jiang [et al.] // *Urology j.* – 2019. – Vol. 16, N 2. – P. 115–120.

33. Arroll, B. Common cold [Electronic resource] / B. Arroll // *BMJ clinical evidence*. – 2011. – Vol. 2011. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3275147/pdf/2011-1510.pdf>. – Date of access: 12.03.2023.

34. Respiratory tract infections in children in the community: prospective online inception cohort study / A. D. Hay [et al.] // *Annals of family medicine*. – 2019. – Vol. 17, N 1. – P. 14–22.

35. Vitamin C as a supplementary therapy in relieving symptoms of the common cold: a meta-analysis of 10 randomized controlled trials [Electronic resource] / L. Ran [et al.] // *BioMed research intern.* – 2020. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7569434/pdf/BMRI2020-8573742.pdf>. – Date of access: 12.03.2023.
36. Pauling, L. The significance of the evidence about ascorbic acid and the common cold / L. Pauling // *Proceedings of the nat. academy of sciences of the U S A.* – 1971. – Vol. 68, N 11. – P. 2678–2681.
37. Hemilä, H. Vitamin C supplementation and the common cold--was Linus Pauling right or wrong? / H. Hemilä // *Intern. j. for vitamin and nutrition research.* – 1997. – Vol. 67, N 5. – P. 329–335.
38. Hemilä, H. Vitamin C for preventing and treating the common cold [Electronic resource] / H. Hemilä, E. Chalker // *The Cochrane database of systematic rev.* – 2013. – Vol. 2013, N 1. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8078152/pdf/CD000980.pdf>. – Date of access: 14.03.2023.
39. Does vitamin C prevent the common cold? [Electronic resource] / E. Gómez [et al.] // *Medwave.* – 2018. – Vol. 18, N4. – Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30113569/>. – Date of access: 14.03.2023.
40. What are the effects of vitamin C on the duration and severity of the common cold? [Electronic resource] / S. Quidel [et al.] // *Medwave.* – 2018. – Vol. 18, N6. – Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30339136/>. – Date of access: 14.03.2023.
41. Pitt, H. A. Vitamin C prophylaxis in marine recruits / H. A. Pitt, A. M. Costrini // *JAMA.* – 1979. – Vol. 241, N 9. – P. 908–911.
42. The effect of vitamin C on upper respiratory infections in adolescent swimmers: a randomized trial / N. W. Constantini [et al.] // *Europ. j. pediatrics.* – 2011. – Vol. 170, N 1. – P. 59–63.
43. Abioye, A. I. Effect of micronutrient supplements on influenza and other respiratory tract infections among adults: a systematic review and meta-analysis [Electronic resource] / A. I. Abioye, S. Bromage, W. Fawzi // *BMJ Glob Health.* – 2021. – Vol. 6, N 1. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7818810/pdf/bmjgh-2020-003176.pdf>. – Date of access: 18.03.2023.
44. min C – sources, physiological role, kinetics, deficiency, use, toxicity, and determination [Electronic resource]. *Nutrients.* 2021;13(2). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7918462/pdf/nutrients-13-00615.pdf>. Date of access: 10.02.2023. doi: 10.3390/nu13020615
3. Mousavi S, Bereswill S, Heimesaat MM. Immunomodulatory and antimicrobial effects of vitamin C. *Eur J Microbiol Immunol.* 2019;9(3):73–9. doi: 10.1556/1886.2019.00016
4. Hemilä H. Vitamin C and Infections [Electronic resource]. *Nutrients.* 2017;9(4). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5409678/pdf/nutrients-09-00339.pdf>. Date of access: 14.02.2023. doi: 10.3390/nu9040339
5. Heimer KA, Hart AM, Martin LG, Rubio-Wallace S. Examining the evidence for the use of vitamin C in the prophylaxis and treatment of the common cold. *J Am Acad Nurse Pract.* 2009;21(5):295–300. doi: 10.1111/j.1745-7599.2009.00409.x
6. Vorilhon P, Arpajou B, Vaillant Roussel H, Merlin E, Pereira B, Cabailot A. Efficacy of vitamin C for the prevention and treatment of upper respiratory tract infection. A meta-analysis in children. *Eur J Clin Pharmacol.* 2019;75(3):303–11. doi: 10.1007/s00228-018-2601-7
7. Ran L, Zhao W, Wang J, Wang H, Zhao Y, Tseng Y et al. Extra dose of vitamin C based on a daily supplementation shortens the common cold: a meta-analysis of 9 randomized controlled trials [Electronic resource]. *Biomed Res Int.* – 2018;2018. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6057395/pdf/BMRI2018-1837634.pdf>. Date of access: 14.02.2023. doi: 10.1155/2018/1837634
8. Lykkesfeldt J. On the effect of vitamin C intake on human health: How to (mis)interpret the clinical evidence [Electronic resource]. *Redox Biol.* 2020;34. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7296342/pdf/main.pdf>. Date of access: 22.02.2023. doi: 10.1016/j.redox.2020.101532
9. Cerullo G, Negro M, Parimbelli M, Pecoraro M, Perna S, Liguori G et al. The long history of vitamin C: from prevention of the common cold to potential aid in the treatment of COVID-19 [Electronic resource]. *Front Immunol.* 2020;11. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7655735/pdf/fimmu-11-574029.pdf>. Date of access: 24.02.2023. doi: 10.3389/fimmu.2020.574029
10. Mukattash TL, Alkhalidy H, Alzu'bi B, Abu-Farha R, Itani R, Karout S et al. Dietary supplements intake during the second wave of COVID-19 pandemic: a multinational Middle Eastern study [Electronic resource]. *Eur J Integr Med.* 2022;49. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8754456/>

## REFERENCES

1. Lykkesfeldt J, Michels AJ, Frei B. Vitamin C. *Adv Nutr.* 2014;5(1):16–8. doi: 10.3945/an.113.005157
2. Doseděl M, Jirkovský E, Macáková K, Křemová LK, Javorská L, Pourová J et al. Vita-

- pdf/main.pdf. Date of access: 24.02.2023. doi: 10.1016/j.eujim.2022.102102
11. Speakman LL, Michienzi SM, Badowski ME. Vitamins, supplements and COVID-19: a review of currently available evidence [Electronic resource]. *Drugs Context*. 2021;10. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8496749/pdf/dic-2021-6-2.pdf>. Date of access: 01.03.2023. doi: 10.7573/dic.2021-6-2
  12. Lykkesfeldt J, Tveden-Nyborg P. The pharmacokinetics of vitamin C [Electronic resource]. *Nutrients*. 2019;11(10). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6835439/pdf/nutrients-11-02412.pdf>. Date of access: 01.03.2023. doi: 10.3390/nu11102412
  13. Yang H. Conserved or lost: molecular evolution of the key gene GULO in vertebrate vitamin C biosynthesis. *Biochem Genet*. 2013;51(5-6):413–25. doi: 10.1007/s10528-013-9574-0
  14. Frei B, Birlouez-Aragon I, Lykkesfeldt J. Authors' perspective: what is the optimum intake of vitamin C in humans? *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2012;52(9):815–29. doi: 10.1080/10408398.2011.649149
  15. Levine M, Padayatty SJ, Espey MG. Vitamin C: a concentration-function approach yields pharmacology and therapeutic discoveries. *Adv Nutr*. 2011;2(2):78–88. doi: 10.3945/an.110.000109
  16. Tveden-Nyborg P, Lykkesfeldt J. Does vitamin C deficiency increase lifestyle-associated vascular disease progression? Evidence based on experimental and clinical studies. *Antioxid Redox Signal*. 2013;19(17):2084–104. doi: 10.1089/ars.2013.5382
  17. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and immune function [Electronic resource]. *Nutrients*. 2017;9(11). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5707683/pdf/nutrients-09-01211.pdf>. Date of access: 02.03.2023. doi: 10.3390/nu9111211
  18. Liugan M, Carr AC. Vitamin C and neutrophil function: findings from randomized controlled trials [Electronic resource]. *Nutrients*. 2019;11(9). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770220/pdf/nutrients-11-02102.pdf>. Date of access: 05.03.2023. doi: 10.3390/nu11092102
  19. Manning J, Mitchell B, Appadurai DA, Pierce LJ, Wang H, Nganga V et al. Vitamin C promotes maturation of T-cells. *Antioxid Redox Signal*. 2013;19(17):2054–67. doi: 10.1089/ars.2012.4988
  20. Carr AC, Lykkesfeldt J. Discrepancies in global vitamin C recommendations: a review of RDA criteria and underlying health perspectives. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;61(5):742–55. doi: 10.1080/10408398.2020.1744513
  21. Jungert A, Neuhauser-Berthold M. The lower vitamin C plasma concentrations in elderly men compared with elderly women can partly be attributed to a volumetric dilution effect due to differences in fat-free mass. *Br J Nutr*. 2015;113(5):859–64. doi: 10.1017/S0007114515000240
  22. Martin A. The "apports nutritionnels conseillés (ANC)" for the French population. *Reprod Nutr Dev*. 2001;41(2):119–28. doi: 10.1051/rnd:2001100
  23. Sanitary norms and rules "Requirements for the nutrition of the population: norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Republic of Belarus", approved by the Decree of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated November 20, 2012 No. 180, with amendments approved by the Decree of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated November 16, 2015 No. 111 [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: [http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/pishchevye-produkty-i-pishchevye-dobavki.php?sphrase\\_id=457342](http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/pishchevye-produkty-i-pishchevye-dobavki.php?sphrase_id=457342). Data dostupa: 10.03.2023. (In Russ.)
  24. Carr AC, Rowe S. Factors affecting vitamin C status and prevalence of deficiency: a global health perspective [Electronic resource]. *Nutrients*. 2020;12(7). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400679/pdf/nutrients-12-01963.pdf>. Date of access: 10.03.2023. doi: 10.3390/nu12071963
  25. Carr AC, Vissers MC. Synthetic or food-derived vitamin C – are they equally bioavailable? *Nutrients*. 2013;5(11):4284–304. doi: 10.3390/nu5114284
  26. Lykkesfeldt J, Poulsen HE. Is vitamin C supplementation beneficial? Lessons learned from randomised controlled trials. *Br J Nutr*. 2010;103(9):1251–9. doi: 10.1017/S0007114509993229
  27. Rowe S, Carr AC. Global vitamin C status and prevalence of deficiency: a cause for concern? [Electronic resource]. *Nutrients*. 2020;12(7). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7400810/pdf/nutrients-12-02008.pdf>. Date of access: 10.03.2023. doi: 10.3390/nu12072008
  28. Ludke AR, Sharma AK, Akolkar G, Bajpai G, Singal PK. Downregulation of vitamin C transporter SVCT-2 in doxorubicin-induced cardiomyocyte injury. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2012;303(6):C645–53. doi: 10.1152/ajpcell.00186.2012
  29. Wu X, Iguchi T, Hirano J, Fujita I, Ueda H, Itoh N et al. Upregulation of sodium-dependent vitamin C transporter 2 expression in adrenals increases norepinephrine production and aggravates hyperlipidemia in mice with

- streptozotocin-induced diabetes. *Biochem Pharmacol.* 2007;74(7):1020–8. doi: 10.1016/j.bcp.2007.05.024
30. Cahill LE, El-Sohemy A. Vitamin C transporter gene polymorphisms, dietary vitamin C and serum ascorbic acid. *J Nutrigenet Nutrigenomics.* 2009;2(6):292–301. doi: 10.1159/000314597
31. Michels AJ, Hagen TM, Frei B. Human genetic variation influences vitamin C homeostasis by altering vitamin C transport and antioxidant enzyme function. *Annu Rev Nutr.* 2013;33:45–70. doi: 10.1146/annurev-nutr-071812-161246
32. Jiang K, Tang K, Liu H, Xu H, Ye Z, Chen Z. Ascorbic acid supplements and kidney stones incidence among men and women: A systematic review and meta-analysis. *Urol J.* 2019;16(2):115–20. doi: 10.22037/uj.v0i0.4275
33. Arroll B. Common cold [Electronic resource]. *BMJ Clin Evid.* 2011;2011. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3275147/pdf/2011-1510.pdf>. Date of access: 12.03.2023
34. Hay AD, Anderson E, Ingle S, Beck C, Hollingworth W. Respiratory tract infections in children in the community: prospective online inception cohort study. *Ann Fam Med.* 2019;17(1):14–22. doi: 10.1370/afm.2327
35. Ran L, Zhao W, Wang H, Zhao Y, Bu H. Vitamin C as a supplementary therapy in relieving symptoms of the common cold: a meta-analysis of 10 randomized controlled trials [Electronic resource]. *Biomed Res Int.* 2020. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7569434/pdf/BMRI2020-8573742.pdf>. Date of access: 12.03.2023. doi: 10.1155/2020/8573742
36. Pauling L. The significance of the evidence about ascorbic acid and the common cold. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1971;68(11):2678–81. doi: 10.1073/pnas.68.11.2678
37. Hemilä H. Vitamin C supplementation and the common cold--was Linus Pauling right or wrong? *Int J Vitam Nutr Res.* 1997;67(5):329–35
38. Hemilä H, Chalker E. Vitamin C for preventing and treating the common cold [Electronic resource]. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;2013(1). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8078152/pdf/CD000980.pdf>. Date of access: 14.03.2023. doi: 10.1002/14651858.CD000980.pub4
39. Gómez E, Quidel S, Bravo-Soto G, Ortigoza A. Does vitamin C prevent the common cold? [Electronic resource]. *Medwave.* 2018;18(4). Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30113569/>. Date of access: 14.03.2023. doi: 10.5867/medwave.2018.04.7236
40. Quidel S, Gómez E, Bravo-Soto G, Ortigoza A. What are the effects of vitamin C on the duration and severity of the common cold? [Electronic resource]. *Medwave.* 2018;18(6). Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30339136/>. Date of access: 14.03.2023. doi: 10.5867/medwave.2018.06.7260
41. Pitt HA, Costrini AM. Vitamin C prophylaxis in marine recruits. *JAMA.* 1979;241(9):908–11
42. Constantini NW, Dubnov-Raz G, Eyal BB, Berry EM, Cohen AH, Hemilä H. The effect of vitamin C on upper respiratory infections in adolescent swimmers: a randomized trial. *Eur J Pediatr.* 2011;170(1):59–63. doi: 10.1007/s00431-010-1270-z
43. Abioye AI, Bromage S, Fawzi W. Effect of micronutrient supplements on influenza and other respiratory tract infections among adults: a systematic review and meta-analysis [Electronic resource]. *BMJ Glob Health.* 2021;6(1). Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7818810/pdf/bmjgh-2020-003176.pdf>. Date of access: 18.03.2023. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003176

**Адрес для корреспонденции:**

210009, Республика Беларусь,  
г. Витебск, пр. Фрунзе, 27,  
УО «Витебский государственный ордена  
Дружбы народов медицинский университет»,  
кафедра общей и клинической фармакологии  
с курсом ФПК и ПК,  
тел. раб.: 8 (0212) 58-13-87,  
Конорев М. Р.

Поступила 20.03.2023 г.