

ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ЭНЕРГИИ - КОЭНЗИМА Q10 В МЕДИЦИНЕ

Маргиева О.И.¹, Маргиева М.Т.²

¹Институт биомедицинских исследований – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (ИБМИ ВНЦ РАН), Владикавказ, e-mail: margievaolga@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Владикавказ

Коэнзим Q10 (CoQ10) – ключевое звено дыхательной цепи и мощный антиоксидант, является изучаемым объектом применения в лечебной практике при различных заболеваниях. Интерес к этому соединению обусловлен его ключевой ролью в энергетическом обмене, процессах старения организма, возможностью использования в терапии и профилактике многочисленных заболеваний, на путях поиска решений проблем достижения долголетия. Целью настоящего обзора является анализ и обобщение современных знаний о применении коэнзима Q10 в медицине, с акцентом его влияния на энергетический метаболизм, антиоксидантные свойства и терапевтический потенциал при различных патологиях. Осуществлены анализ отечественных и зарубежных литературных источников с 2011 по 2025 г., а также систематизация современных научных данных о применении коэнзима Q10 в медицине. Проведен поиск источников научной литературы, размещенных в базах российской и зарубежной научной литературы (Web of Science, Scopus, Pubmed и eLibrary). Проанализировано 90 источников литературы, в выборку включили 33. Рассмотрена роль коэнзима Q10 в митохондриальном обеспечении клеток энергией, где он выступает переносчиком электронов и способствует синтезу аденозинтрифосфата – основного источника энергии для клеток в частности и организма в целом. Особо подчеркивается антиоксидантное действие коэнзима Q10. Описано его потенциальное применение в комплексной терапии при различных заболеваниях, включая сердечную недостаточность, артериальную гипертензию, атеросклероз, ишемическую болезнь сердца, неврологические заболевания, болезнь Паркинсона, Альцгеймера, мигрень, а также сахарный диабет, мужское бесплодие, фибромиалгию и возрастные изменения. Показана корригирующая роль коэнзима Q10 при сосудистых осложнениях, обусловленных экотопогенными факторами, в частности интоксикацией солями тяжелых металлов. В связи с этим в последние годы активно изучается потенциал коэнзима Q10 в качестве терапевтического средства при различных патологиях. Таким образом, полученные сведения позволяют рассматривать коэнзим Q10 при лечении различных заболеваний, а также для коррекции негативных последствий воздействия экотопогенных факторов.

Ключевые слова: коэнзим Q10, цепь переноса электронов, энергетический обмен, аденозинтрифосфат, окислительный стресс, антиоксидант.

THE USE OF THE ENERGY MOLECULE - COENZYME Q10 IN MEDICINE

Margieva O.I.¹, Margieva M.T.²

¹Institute of Biomedical Investigations – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, e-mail: margievaolga@mail.ru;

²FSBI HPE «North Ossetian State Medical Academy» MOH Russia, Vladikavkaz

Coenzyme Q10 (CoQ10) is a key link in the respiratory chain and a powerful antioxidant, which is being studied for use in medical practice for various diseases. Interest in this compound is due to its key role in energy metabolism, aging processes, the possibility of using it in the therapy and prevention of numerous diseases, and in finding solutions to the problems of achieving longevity. The purpose of this review is to analyze and summarize current knowledge about the use of coenzyme Q10 in medicine, with an emphasis on its effect on energy metabolism, antioxidant properties, and therapeutic potential in various pathologies. An analysis of domestic and foreign literary sources from 2011 to 2025 was carried out, as well as a systematization of current scientific data on the use of coenzyme Q10 in medicine. A search was conducted for sources of scientific literature posted in the databases of Russian and foreign scientific literature (Web of Science, Scopus, Pubmed, and eLibrary). A total of 90 literature sources were analyzed, 33 of which were included in the selection. The role of coenzyme Q10 in the mitochondrial supply of cells with energy is considered, where it acts as an electron carrier and promotes the synthesis of adenosine triphosphate, the main source of energy for cells in particular and the body as a whole. The antioxidant effect of coenzyme Q10 is particularly emphasized. Its potential use in complex therapy for various

diseases is described, including heart failure, arterial hypertension, atherosclerosis, coronary heart disease, neurological diseases, Parkinson's disease, Alzheimer's disease, migraine, as well as diabetes mellitus, male infertility, fibromyalgia and age-related changes. The corrective role of coenzyme Q10 in vascular complications caused by ecopathogenic factors, in particular, intoxication with heavy metal salts, is shown. In this regard, in recent years, the potential of coenzyme Q10 as a therapeutic agent for various pathologies has been actively studied. Thus, the obtained information allows us to consider coenzyme Q10 in the treatment of various diseases, as well as for the correction of the negative consequences of exposure to ecopathogenic factors.

Keywords: coenzyme Q10, electron transport chain, energy metabolism, adenosine triphosphate, oxidative stress, antioxidant.

Введение. Коэнзим Q10 (CoQ10), также известный как убихинон, – это жирорастворимое, витаминоподобное вещество, которое естественным образом вырабатывается в организме человека. Он играет ключевую роль в производстве энергии на клеточном уровне, действуя как кофактор в митохондриях – энергетических станциях клеток [1]. CoQ10 свободно растворяется в липидных мембранах, переносится в организме в составе липопротеинов и способен защищать клетки от окислительного стресса [2]. Липофильную природу CoQ10 определяет его химическая структура, состоящая из бензохинонового кольца, метильных и метоксильных групп и длинной изопrenoидной цепи. Именно такое строение вещества обеспечивает выполнение им функционального предназначения в работе дыхательной цепи и проявлении антиоксидантной активности. Важно отметить, что CoQ10 может существовать в двух основных формах: окисленной и восстановленной [3]. Благодаря своей способности обратимо принимать и отдавать электроны, CoQ10 является ключевым компонентом цепи переноса электронов. Он обеспечивает транспорт электронов от ферментов, содержащих железо и серу [3]. Окисленная форма (убихинон) – это хиноновая форма, в которой дикетонные группы бензохинонового кольца имеют двойные связи с кислородом (C=O). Эта форма принимает электроны в дыхательной цепи. Восстановленная форма (убихинол) – это дигидрохиноновая форма, в которой дикетонные группы бензохинонового кольца связаны с гидроксильными группами (-OH) и водородом, отдает электроны в дыхательной цепи и, соответственно, является антиоксидантом. Такая циклическая последовательность является фундаментом для работы CoQ10 в организме. Жирорастворимая форма CoQ10 образуется в клетках живого организма и распределена во всех тканях и органах. Самая высокая его концентрация встречается в органах со значительной потребностью энергией. Несмотря на то, что CoQ10 содержится в продуктах питания и поступает в организм с пищей, в основном он все же образуется в организме. Синтез CoQ10 в клетках организма является многоэтапным процессом, который инициируется в цитозоле и прекращается в митохондриях, проходит под действием различных энзимов. На количество CoQ10 воздействуют разнообразные причины, включающие возрастной показатель, наследственность, хронические заболевания, лекарственные препараты и окислительный стресс. Интерпретация этих причин и понимание роли недостатка CoQ10 в патогенезе

различных патологических состояний и заболеваний необходимы для разработки технологий сохранения здоровья. CoQ10 выполняет двойную функцию, являясь не только основным индикатором клеточного энергетического метаболизма, но и субстанцией, оказывающей протекторное действие, защищая клетки от повреждений, вызванных переокислением липидов [4]. Эти функции делают CoQ10 важным фактором в поддержании здоровья и предотвращении различных заболеваний, особенно связанных с нарушением энергетического метаболизма и окислительным стрессом.

Увеличение интереса к CoQ10 в медицине и научных исследованиях обусловлено пониманием его многогранной роли в энергетическом метаболизме, клеточной защите и потенциальной терапевтической пользе при различных заболеваниях. Применение CoQ10 при различных заболеваниях в качестве дополнительной терапии имеет непосредственное отношение к саногенезу, но требует дальнейших исследований.

Целью настоящего обзора является анализ и обобщение современных знаний о применении коэнзима Q10 в медицине, с акцентом его влияния на энергетический метаболизм, антиоксидантные свойства и терапевтический потенциал при различных заболеваниях.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели исследования был проведен анализ данных научной литературы с 2011 по 2025 г., размещенных в базах российской и зарубежной научной литературы (Web of Science, Scopus, Pubmed и eLibrary). Проанализированы 90 источников литературы, в выборку включили 33. Поиск вели, используя следующие ключевые слова: Q10 (CoQ10), антиоксидант, энергетический обмен, цепь переноса электронов, АТФ, окислительный стресс.

Результаты исследования и их обсуждение. CoQ10 играет центральную роль в производстве аденозинтрифосфата (АТФ) – главного источника энергии для всех живых клеток [5]. Коэнзим присутствует во всех тканях и органах, но особенно важен для сердца, где его концентрация наиболее высока. CoQ10 катализирует преобразование питательных веществ в энергию, необходимую для множества клеточных процессов, участвуя в цепи переноса электронов (ЦПЭ) в митохондриях, делая тем самым CoQ10 незаменимым для поддержания энергетического метаболизма. ЦПЭ – это сложный биохимический процесс, происходящий в митохондриях – энергетических станциях клеток, и обеспечивающий образование основной энергетической валюты клетки – АТФ. Более того, коэнзим Q10 обеспечивает эффективный перенос электронов между комплексами I, II и III [6]. Его мобильность, способность к обратимому окислению/восстановлению и антиоксидантные свойства делают его ключевым компонентом энергетического метаболизма клетки и важным фактором поддержания общего здоровья. Следовательно, при недостатке коэнзима Q10 комплексы I и III становятся основными генераторами супероксид-радикалов, а дефицит этого

важного кофермента может привести к различным проблемам со здоровьем, особенно в тканях с высокой потребностью в энергии, таких как сердце и мозг.

Помимо своей ключевой роли в дыхательной цепи, коэнзим CoQ10 является мощным антиоксидантом, который защищает клетки от липопероксидации, вызванной свободными радикалами [7; 8]. Это нестабильные молекулы с неспаренным электроном, обладающие высокой реакционной способностью, которые также могут образовываться при воздействии внешних факторов, в частности ультрафиолетового излучения, загрязнения окружающей среды, курения, а также при неправильном питании, стрессе и др. Эти нестабильные молекулы обладают высокой реакционной способностью и стремятся «забрать» недостающий электрон у других молекул, вызывая окислительный стресс, который повреждает клеточные структуры, такие как дезоксирибонуклеиновая кислота, белки и липиды. Все эти структурные изменения приводят к потере целостности клеточной мембраны, снижению её функциональности и в конечном счете к запрограммированной гибели клеток, различным заболеваниям и ускорению процессов старения. CoQ10, будучи встроенным в митохондриальную мембрану, способен непосредственно взаимодействовать с радикалами, нейтрализуя их, и тем самым препятствовать возникновению цепных окислительных повреждений [9]. Кроме того, он восстанавливает и способствует регенерации других антиоксидантов, таких как витамины Е и С, усиливая системную антиоксидантную защиту организма, что имеет важное значение для поддержания здоровья и профилактики различных заболеваний.

Следовательно, антиоксидантные свойства CoQ10 являются важной составляющей его биологической активности, которая значительно расширяет спектр его потенциальных лечебных и профилактических механизмов. Защита клеток от окислительного повреждения при помощи CoQ10 способствует не только повышению общего уровня здоровья, но и снижению риска развития многочисленных заболеваний, связанных с окислительным стрессом. Его применение в медицинской практике весьма обосновано в целях снижения окислительного воздействия внешних факторов, поддержания энергетического баланса тканей и замедления процессов старения.

Сердце – один из самых энергозатратных органов, поэтому неудивительно, что дефицит CoQ10 может привести к проблемам с его функционированием [10]. Клинические исследования показали, что CoQ10 может быть полезен при сердечной недостаточности, так как при этом заболевании сердце не может эффективно перекачивать кровь, а CoQ10 способствует улучшению сократительной способности сердечной мышцы, купированию или снижению интенсивности проявлений симптоматики (одышки, отеков) и улучшению качества жизни пациентов. Клинические данные показывают, что применение CoQ10 в течение длительного времени безопасно, хорошо переносится и значительно увеличивает

концентрацию CoQ10. Добавка CoQ10 снижает окислительный стресс и смертность от сердечно-сосудистых причин, а также улучшает клинический исход у пациентов, перенесших операцию аортокоронарного шунтирования, предотвращает накопление окисленных липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) в артериях, снижает жесткость сосудов и гипертонию, улучшает эндотелиальную дисфункцию за счет снижения источника активных форм кислорода в сосудистой системе и повышает уровень оксида азота (NO) для вазодилатации [11].

Установлено, что применение CoQ10 при артериальной гипертензии может способствовать снижению артериального давления, хотя механизм этого действия до конца не изучен. Некоторые исследования показывают, что CoQ10 способствует восстановлению функции эндотелия, повышая биодоступность оксида азота, что приводит к расширению сосудов и снижению давления [12]. Умеренное длительное потребление CoQ10 с пищей (обычно в дозировке от 100 до 300 мг в день) может быть защитным средством от впервые возникшей гипертонии и способствовать снижению систолического и диастолического давления у пациентов с гипертензией [13]. Доказано, что антиоксидантные свойства CoQ10 способствуют снижению воспалительных маркеров, а также защищают сердце от повреждений, вызванных недостатком кислорода при ишемической болезни сердца (ИБС). Кроме того, были обнаружены более высокие концентрации ферментов, проявляющих антиоксидантные свойства, наряду со снижением уровня малонового диальдегида, маркера перекисного окисления липидов. Следовательно, результаты свидетельствуют о том, что добавка CoQ10 может быть полезна для пациентов с ИБС [14].

В связи с этим особое значение приобретает изучение использования CoQ10 для повышения эффективности и безопасности лечения. В частности, установлено, что применение CoQ10 имеет положительный эффект для снижения побочных эффектов статинов, препаратов для снижения холестерина, которые могут вызывать, например, головные и мышечные боли [15]. Промежуточный продукт мевалонат является общим предшественником в биосинтезе как холестерина, так и коэнзима Q10 (CoQ10), поэтому при терапии статинами одновременно тормозится их синтез. Установлено, что с возрастом, а также при таких патологиях, как ИБС, наблюдается тенденция к снижению эндогенного уровня CoQ10. Назначение CoQ10 при терапии статинами обосновано его выраженными антиоксидантными свойствами, в частности эффективно защищать ЛПНП от окисления, поддерживая восстановленную форму витамина Е. Применение ингибиторов 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А редуктазы (статинов), фармакологически снижающих синтез холестерина, может привести к снижению концентрации CoQ10 вследствие конкуренции за общий метаболический предшественник – мевалонат. Предполагается, что CoQ10 может

оказывать обратное ингибирующее действие на синтез холестерина, снижая его уровень [16]. Поэтому применение CoQ10 у пациентов, проходящих терапию статинами, оправдано с точки зрения снижения побочных эффектов и, возможно, усиления гиполипидемического эффекта за счет его антиоксидантных и регуляторных свойств. Это поможет повысить переносимость терапии и, потенциально, снизить риск развития мышечных болей и других побочных эффектов, связанных с дефицитом CoQ10, а также может оказывать дополнительное снижение уровня холестерина.

Мозг для нормальной работы также нуждается в большом количестве энергии, поэтому применение CoQ10 в неврологии является активно развивающимся направлением исследований. Существуют данные о его потенциальной пользе при некоторых неврологических заболеваниях. Основной механизм действия CoQ10 в неврологии связан также с его ролью в митохондриальной функции и антиоксидантной защите. Дефицит CoQ10 и митохондриальная дисфункция часто наблюдаются при нейродегенеративных заболеваниях [17].

Мозг - один из самых энергоемких органов тела, и его правильная работа напрямую зависит от наличия достаточного количества энергии. В этом контексте роль CoQ10 становится особенно важной. CoQ10 участвует в процессах митохондриальной окислительно-восстановительной цепи, которая является основным источником производства энергии в клетках, включая нейроны. При недостатке CoQ10 в митохондриях снижается эффективность выработки АТФ, что приводит к энергетическому дефициту в нейронах. Такой дефицит способствует развитию митохондриальной дисфункции, которая связана с окислительным стрессом и повреждением клеточных структур, что, в свою очередь, ассоциировано с развитием и прогрессией различных нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, Паркинсона и другие. Помимо этого, антиоксидант CoQ10 защищает нейроны от повреждений, вызванных атакой свободными радикалами и окислительным стрессом. Активно исследуется его потенциал для замедления прогрессии неврологических расстройств, улучшения когнитивных функций и общего состояния пациентов с нейродегенеративными заболеваниями.

Таким образом, обеспечение достаточного уровня CoQ10 в организме и в митохондриях мозга представляет собой перспективное направление в неврологии, связанное с профилактикой и лечением ряда неврологических расстройств.

Применение CoQ10 при дегенеративных расстройствах нервной системы, например болезни Паркинсона и Альцгеймера, возможно только после анализа его вероятных преимуществ и возможных ограничений. Как показывают научные исследования, назначение CoQ10 при паркинсонизме может проявить положительное влияние на мышечную

деятельность и энергетическую активность нейронов. В клинической практике у пациентов, получавших CoQ10, наблюдалась эффективность в отношении моторных симптомов, особенно на начальном этапе заболевания [17]. При дегенеративном заболевании головного мозга (болезни Альцгеймера) назначение CoQ10 применяется с целью снижения повреждения нейронов от процесса окисления и защиты мембран митохондрий. Установлено, что он снижает процесс прогрессирования симптомов и повышает когнитивные способности [18], однако такие данные пока ограничены. В настоящее время CoQ10 является прогрессивной добавкой в лечении особенно ранних стадий прогрессирующих заболеваний нервной системы, но для выявления наиболее приемлемых дозировок и продолжительности приема необходимо проведение дальнейших исследований.

Некоторые научные исследования показали, что CoQ10 минимизирует частоту и тяжесть мигренозных приступов. Именно это воздействие препарата стало потенциально полезным для людей, страдающих мигренью [19]. Применение CoQ10 восстанавливает активности митохондрий, исправляет дисбаланс энергии в головном мозге, что, в свою очередь, снижает риск повторения и силу приступов мигрени. Необходимо принимать во внимание побочные влияния и взаимодействия с другими лекарственными средствами. В будущем такие исследования могут помочь интегрировать CoQ10 в стандартные протоколы лечения мигрени [19; 20].

CoQ10 привлекает внимание ученых не только в контексте мигрени, но и при изучении других неврологических состояний. В частности, его потенциальная роль рассматривается при амиотрофическом латеральном склерозе, где благодаря своим антиоксидантным свойствам и способности поддерживать митохондриальную функцию он может способствовать замедлению прогрессирования заболевания. Аналогично в случаях мышечной дистрофии и различных видов нейропатий применение CoQ10 исследуется для улучшения мышечной функции и уменьшения симптомов, связанных с повреждением нервных тканей. Эти исследования показывают перспективу использования CoQ10 как дополнения к традиционным методам лечения, однако необходимо провести дополнительные клинические испытания. В целом расширенное изучение возможностей CoQ10 открывает новые горизонты для разработки более эффективных терапевтических стратегий и поиска способов замедления прогрессирования тяжелых неврологических нарушений [21; 22].

Однако доказательная база по применению CoQ10 пока очень ограничена, и большинство таких исследований в неврологии имеют небольшие размеры выборки, короткий период наблюдения и методологические недостатки. Результаты часто неоднозначны, и необходимы дальнейшие, более масштабные и высококачественные исследования для подтверждения потенциальной терапевтической эффективности CoQ10 при различных

неврологических заболеваниях. Кроме того, важно учитывать индивидуальные особенности пациентов и потенциальные взаимодействия CoQ10 с другими лекарствами.

При исследовании никелевой интоксикации сотрудниками лаборатории патобиохимии Института биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН была показана «эффективность препарата убихинон композитума в улучшении показателей микроциркуляции, уменьшении интенсивности перекисного окисления липидов, нормализации работы натриевого насоса, увеличении продукции метаболитов оксида азота и положительном воздействии на липопротеиновые фракции холестерина. Установлено, что нормализация окислительно-восстановительных процессов под воздействием коэнзима композитума приводила к усилению NO-продуцирующей функции и, как следствие, к увеличению концентрации NO. Помимо этого, антиоксидантный эффект препарата способствовал снижению уровня общего холестерина, нормализации взаимодействия ЛПНП с рецепторами и увеличению утилизации холестерина тканями» [23]. Экспериментально также доказано, что коррекция сосудистых осложнений, обусловленных интоксикацией хлоридом кобальта, и метаболизма NO, на фоне лечения антиоксидантом CoQ10 приводит к снижению интенсивности свободнорадикального окисления [24].

Помимо сердечно-сосудистых и неврологических заболеваний, активно изучается его потенциал в контексте лечения сахарного диабета (СД), поскольку диабет связан с нарушением метаболизма и повышенным уровнем окислительного стресса. На сегодняшний день существуют данные, указывающие на то, что дополнительное включение в терапию CoQ10 имеет положительное влияние для лечения сахарного диабета и профилактики его осложнений. Применение CoQ10 помогает снизить уровень глюкозы натощак, а также укрепляет сосуды и уменьшает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, что крайне важно для пациентов с диабетом 2 типа. Исследований, посвященных изучению применения коэнзима Q10 в комплексной терапии СД, к настоящему времени накоплено недостаточно. Вместе с тем существующие результаты демонстрируют положительное влияние CoQ10 на метаболические процессы в патогенезе СД и его осложнений [25; 26].

Мужское бесплодие также может быть обусловлено нарушением обмена веществ, сосудистыми проблемами и воспалительными процессами, которые влияют на репродуктивную систему. Лечение этого заболевания имеет множество протоколов, но значимую роль занимает назначение антиоксидантов, например коэнзима CoQ10. Этот уникальный и сильный антиоксидант играет особую роль в энергообразовании в клетках и предохраняет мужские половые клетки от атаки активных форм кислорода, тем самым способствуя улучшению их подвижности и повышению концентрации. Научно доказано, что при мужском бесплодии применение CoQ10 повышает качество спермы, увеличивает шансы

на беременность и минимизирует изменения структуры генетического материала сперматозоидов. Комплексную терапию, включающую CoQ10, обычно назначают в течение нескольких месяцев, но дозировка подбирается индивидуально, исходя из особенностей пациента [27].

Установлено также, что CoQ10 может помочь справиться с симптомами фибромиалгии [28; 29]. Уровень CoQ10 при этой патологии бывает ниже нормы, что приводит к развитию таких симптомов, как мышечная боль и хроническая усталость. На фоне приема добавок с CoQ10 у пациентов снижается уровень окислительного стресса и воспаления, повышается уровень энергии, снижается чувство усталости, отмечается уменьшение интенсивности болевых ощущений, так как это соединение помогает улучшить обмен веществ в митохондриях. Многие пациенты отмечают положительный эффект от приема CoQ10, что делает его потенциально полезным дополнением к комплексному лечению этого хронического заболевания.

Поскольку CoQ10 обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, которые могут быть полезны в качестве дополнительной терапии, его применяют в комплексной терапии при онкологии. У пациентов с онкологическими заболеваниями уровень CoQ10 часто снижен из-за интенсивных методов терапии, таких как химиотерапия и радиотерапия. Прием добавок с CoQ10 помогает восстанавливать энергетический уровень клеток, уменьшает мышечную слабость и усталость, связанные с лечением. Также существуют исследования, предполагающие, что CoQ10 может усиливать эффективность некоторых противоопухолевых средств и снижать побочные эффекты терапии, улучшая качество жизни пациентов [30; 31].

С возрастом уровень CoQ10 в организме снижается, что, несомненно, способствует уменьшению энергии, появлению признаков старения и ухудшению общего состояния здоровья. Регулярное потребление CoQ10 помогает повысить энергообеспечение клеток, снизить уровень оксидативного стресса и уменьшить воспаление. Это способствует замедлению процессов старения, укреплению сердечно-сосудистой системы, улучшению функционирования мозга и поддержанию энергии и выносливости. Включение CoQ10 в рацион или прием в виде добавок может стать эффективной стратегией для поддержания молодости и общего благополучия на долгосрочной основе [32; 33].

CoQ10 обычно хорошо переносится и считается безопасным для большинства людей, но могут наблюдаться побочные эффекты, такие как кожный зуд, сыпь, тошнота, потеря аппетита, головная боль, расстройство ЖКТ или диарея. Необходимо указать, что CoQ10 адекватно взаимодействует с лекарственными препаратами, несовместим он лишь с

витаминами группы В. Также нецелесообразно применять добавку совместно с медь- и железосодержащими препаратами, поэтому до лечения необходима консультация врача.

Заключение. CoQ10 – жирорастворимый антиоксидант, занимающий основную позицию в процессе энергообразования и антиоксидантной защите клеток. В ходе проведенного анализа современных научных исследований, посвященных применению CoQ10, было выявлено, что он обладает потенциалом для улучшения состояния здоровья при различных заболеваниях. В ряде исследований продемонстрировано, что прием CoQ10 способствует снижению уровня окислительного стресса, повышению энергии клеток и улучшению функции митохондрий. Доказан его реальный положительный эффект при различных заболеваниях от сердечно-сосудистых до неврологических, а также при нарушении метаболизма и процессе старения. CoQ10 применяют также для снижения чувства усталости и повышения жизненного тонуса организма. Важно отметить, что с возрастом уменьшается количество его выработки в организме, поэтому CoQ10 необходимо принимать экзогенно для сохранения и укрепления здоровья, повышения жизнеспособности и предотвращения нежелательных возрастных проявлений. CoQ10 считается безопасным, но перед началом приема необходимо правильно подобрать дозировку препарата.

Следовательно, CoQ10 положительно влияет на энергосбережение клеток, снижает окислительный стресс, улучшает функцию митохондрий. Несмотря на положительные результаты применения CoQ10 и потенциальные преимущества, существуют определенные разногласия относительно оптимальных дозировок и эффективности данного препарата, что требует проведения дополнительных клинических исследований для подтверждения его эффективности и определения конкретных показаний к применению, которые помогут более полно раскрыть потенциал CoQ10 в различных областях медицины.

Список литературы

1. Claxton L., Simmonds M., Beresford L., Cubbon R., Dayer M., Gottlieb S.S., Hartshorne-Evans N., Kilroy B., Llewellyn A., Rothery C., Sharif S., Tierney J.F., Witte K.K., Wright K., Stewart L.A. Coenzyme Q10 to manage chronic heart failure with a reduced ejection fraction: a systematic review and economic evaluation // Health Technol Assess. 2022. Vol. 26. Is. 4. P.1-128. DOI: 10.3310/KVOU6959.
2. Горошко О.А., Красных Л.М., Кулес В.Г., Зозина В.И. Значение редокс-статуса коэнзима Q10 как биомаркера окислительного стресса // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2019. Т. 9. № 3. С.146-152. DOI: 10.30895/1991-2919-2019-9-3-146-152.

3. Каленикова Е.И., Городецкая Е.А., Оболенская О.Н., Шаповал Н.С., Макаров В.Г., Медведев О.С. Фармакокинетика и тканевое распределение коэнзима Q10 при внутривенном введении в окисленной и восстановленной формах // Химико-фармацевтический журнал. 2021. Т. 55. № 7. С.3-7. DOI: 10.30906/0023-1134-2021-55-7-3-7.
4. Gutierrez-Mariscal F.M., Arenas-de Larriva A.P., Limia-Perez L., Romero-Cabrera J.L., Yubero-Serrano E.M., López-Miranda J. Coenzyme Q₁₀ Supplementation for the Reduction of Oxidative Stress: Clinical Implications in the Treatment of Chronic Diseases // Int J Mol Sci. 2020. Vol. 21. Is. 21. 7870. DOI: 10.3390/ijms21217870.
5. Громова О.А., Торшин И.Ю. Молекулярная фармакология коэнзима Q10 в контексте лечения гиперлипидемических состояний // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2023. Т. 16. № 2. С. 345-357. DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2023.186.
6. Хамадьянова А.У., Маннанов Р.М., Смакова Д.М., Мусаева Ф.И., Беделов Д.Г., Ибрагимов А.Э., Русинова А.А., Салихова М.М., Штукатурова С.В., Дорошенко Т.В., Фаттахова М.В., Рахимова М.К., Маринова Л.Р. Коэнзим Q10 и эмбриональное развитие: потенциальная роль в репродуктивной медицине // Акушерство, Гинекология и Репродукция. 2024. Т. 18. № 5. С. 720-734. DOI: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2024.541, EDN: ROSOEU.
7. Асранкулова Г.А., Махмудова Ж.А., Таалайбекова М.Т., Боронова З.С. Биологическая роль омега-3-жирных кислот и коэнзима Q10 в антиоксидантной системе организма // Академический журнал Западной Сибири. 2023. Т. 19. № 4(101). С. 23-29. DOI: 10.32878/sibir.23-19-04(101)-23-29.
8. Иванова А.Ю., Широков И.В., Бондаренко Г.Н., Медведев О.С. Способность коэнзима Q10 увеличивать генерацию водорода микробиотой кишечника крыс как новый компонент в механизме реализации его антиоксидантных эффектов // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2022. Т. 85. № 12. С. 20-24. DOI: 10.30906/0869-2092-2022-85-12-20-24.
9. Штерман С.В., Сидоренко М.Ю., Штерман В.С., Сидоренко Ю.И. Антиоксиданты в спортивном питании // Пищевая промышленность. 2019. № 6. С. 30-34. DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10084.
10. Zozina V.I., Covantev S., Goroshko O.A., Krasnykh L.M., Kukes V.G. Coenzyme Q10 in Cardiovascular and Metabolic Diseases: Current State of the Problem // Curr Cardiol Rev. 2018. Vol. 14. Is. 3. P. 164-174. DOI: 10.2174/1573403X14666180416115428
11. Rabanal-Ruiz Y., Llanos-González E., Alcain F.J. The Use of Coenzyme Q10 in Cardiovascular Diseases // Antioxidants (Basel). 2021. Vol. 10. Is. 5. 755. DOI: 10.3390/antiox10050755.

12. Житникова Л.М. Коэнзим Q10 (Кудесан) в профилактике и лечении артериальной гипертензии // Артериальная гипертензия. 2011. Т. 17. № 1. С. 54-59. EDN NSWRCB.
13. Ho M.J., Li E.C.K., Wright J.M. Blood pressure lowering efficacy of coenzyme Q10 for primary hypertension // Cochrane Database Syst Rev. 2016. Vol. 3. Is. 3. CD007435. DOI: 10.1002/14651858.CD007435.pub3.
14. Młynarska E., Hajdys J., Czarnik W., Fularski P., Leszto K., Majchrowicz G., Lisińska W., Rysz J., Franczyk B. The Role of Antioxidants in the Therapy of Cardiovascular Diseases-A Literature Review // Nutrients. 2024. Vol. 16. Is. 16. 2587. DOI: 10.3390/nu16162587.
15. Raizner A.E. Coenzyme Q₁₀. // Methodist Debaque Cardiovasc J. 2019. Vol. 15. Is. 3. P. 185-191. DOI: 10.14797/mdcj-15-3-185.
16. Jorat M.V., Tabrizi R., Mirhosseini N., Lankarani K.B., Akbari M., Heydari S.T., Mottaghi R., Asemi Z. The effects of coenzyme Q10 supplementation on lipid profiles among patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Lipids Health Dis. 2018. Vol. 17. Is. 1. 230. DOI: 10.1186/s12944-018-0876-4.
17. Mantle D., Hargreaves I.P. Mitochondrial Dysfunction and Neurodegenerative Disorders: Role of Nutritional Supplementation // Int J Mol Sci. 2022. Vol. 23. Is. 20. 12603. DOI: 10.3390/ijms232012603.
18. Fišar Z., Hroudová J. CoQ₁₀ and Mitochondrial Dysfunction in Alzheimer's Disease // Antioxidants (Basel). 2024. Vol. 13. Is. 2. 191. DOI: 10.3390/antiox13020191.
19. Sazali S., Badrin S., Norhayati M.N., Idris N.S. Coenzyme Q10 supplementation for prophylaxis in adult patients with migraine-a meta-analysis // BMJ Open. 2021. Vol. 11 Is. 1. e039358. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039358.
20. Shoeibi A., Olfati N., Soltani Sabi M., Salehi M., Mali S., Akbari Oryani M. Effectiveness of coenzyme Q10 in prophylactic treatment of migraine headache: an open-label, add-on, controlled trial // Acta Neurol Belg. 2017. Vol. 117. Is. 1. P. 103-109. DOI: 10.1007/s13760-016-0697-z
21. Bagheri S., Haddadi R., Saki S., Kourosh-Arami M., Rashno M., Mojaver A., Komaki A. Neuroprotective effects of coenzyme Q10 on neurological diseases: a review article // Front Neurosci. 2023. Vol.17. P. 1188839. DOI: 10.3389/fnins.2023.1188839.
22. Nagase M., Yamamoto Y., Miyazaki Y., Yoshino H. Increased oxidative stress in patients with amyotrophic lateral sclerosis and the effect of edaravone administration // Redox Rep. 2016. Vol. 21. Is. 3. P. 104-112. DOI: 10.1179/1351000215Y.0000000026.
23. Дзугкоев С.Г., Дзугкоева Ф.С., Маргиева О.И., Можеева И.В. Биохимические маркеры эффективности коррекции окислительно-восстановительного потенциала и функции эндотелия с применением антиоксиданта коэнзима композитума // Современные проблемы

науки и образования. 2020. № 3; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29880> (дата обращения: 12.06.2025). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.29880>.

24. Дзугкоев С.Г., Можаяева И.В., Гиголаева Л.В., Тедтоева А.И., Такоева Е.А., Маргиева О.И., Отиев М.А., Дзугкоева Ф.С. Механизмы нарушения функции эндотелия у крыс с токсической ангиопатией и возможности патогенетической коррекции // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 9, № 3. С. 266-270. DOI 10.14300/mnnc.2014.09074.

25. Красюкова В.О., Семенюк Т.Г., Вдовин В.М. Эффективность применения витаминоподобных веществ в комплексной терапии сахарного диабета и его осложнений (обзор литературы) // Бюллетень медицинской науки. 2023. № 2(30). С. 106-115. DOI: 10.31684/25418475-2023-2-106.

26. Renke G., Pereira M.B., Renke A. Coenzyme Q10 for Diabetes and Cardiovascular Disease: Useful or Useless? // Curr Diabetes Rev. 2023. Vol. 19. Is. 4. e290422204261. DOI: 10.2174/1573399818666220429101336

27. Alahmar A.T., Calogero A.E., Singh R., Cannarella R., Sengupta P., Dutta S. Coenzyme Q10, oxidative stress, and male infertility: A review // Clin Exp Reprod Med. 2021. Vol. 48. Is. 2. P. 97-104. DOI: 10.5653/cerm.2020.04175.

28. Di Pierro F., Rossi A., Consensi A., Giacomelli C., Bazzichi L. Role for a water-soluble form of CoQ10 in female subjects affected by fibromyalgia. A preliminary study // Clin Exp Rheumatol. 2017. Vol. 35. Suppl 105(3). P. 20-27.

29. Badaeva A., Danilov A., Kosareva A., Lepshina M., Novikov V., Vorobyeva Y., Danilov A. Neuronutritional Approach to Fibromyalgia Management: A Narrative Review // Pain Ther. 2024. Vol.13. Is. 5. P. 1047-1061. DOI: 10.1007/s40122-024-00641-2.

30. Al-Hammadi N., AlSabri E., Kudhair A.H, Qassam H., Hadi N.R. Coq10 for preventing cardiotoxicity in breast cancer patients treated with trastuzumab // J Med Life. 2023. Vol. 16. Is. 8. P. 1188-1193. DOI: 10.25122/jml-2023-0098.

31. Arslanbaeva L., Tosi G., Ravazzolo M., Simonato M., Tucci F.A., Pece S., Cogo P., Santoro M.M. UBIAD1 and CoQ10 protect melanoma cells from lipid peroxidation-mediated cell death // Redox Biol. 2022. Vol. 51. 102272. DOI: 10.1016/j.redox.2022.102272.

32. Aaseth J., Alexander J., Alehagen U. Coenzyme Q₁₀ supplementation - In ageing and disease // Mech Ageing Dev. 2021. Vol. 197. 111521. DOI: 10.1016/j.mad.2021.111521.

33. Gasmi A., Bjørklund G., Mujawdiya P.K., Semenova Y., Piscopo S., Peana M. Coenzyme Q₁₀ in aging and disease // Crit Rev Food Sci Nutr. 2024. Vol.64. Is. 12. P. 3907-3919. DOI: 10.1080/10408398.2022.2137724.