

Функциональный ингредиент таурин: адекватные и клинически эффективные дозы

В.М. Коденцова^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-5288-1132>, kodentsova@ion.ru

Д.В. Рисник², <https://orcid.org/0000-0002-3389-8115>, biant3@mail.ru

О.Б. Ладодо³, <https://orcid.org/0000-0002-4720-7231>, o_ladodo@oparina4.ru

¹ Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи; 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, д. 2/14

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

³ Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова; 117997, Россия, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4

Резюме

Таурин – серосодержащая аминокислота, необходимая для конъюгирования желчных кислот. Он обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, выполняет роль антиапоптотического фактора; стабилизатора клеточных мембран; регулятора передачи сигналов ионами Ca²⁺, гомеостаза жидкости в клетках, активности фоторецепторов сетчатки глаза; стимулятора неврологического развития и ингибирующего нейротрансмиттера в центральной нервной системе; вносит вклад в осморегуляцию и проводимость в нервной и мышечной системах. Таурин не только синтезируется в организме из цистеина и метионина, но и поступает с пищей. Потребление таурина составляет 40–400 мг/сут. Его основными пищевыми источниками являются продукты животного происхождения: моллюски, рыба, мясо. Таурин входит в состав грудного молока и адаптированных молочных смесей для питания детей раннего возраста. При стрессе и некоторых заболеваниях эндогенный синтез таурина снижается. К группам риска дефицита таурина относятся лица, придерживающиеся вегетарианского типа питания и соблюдающие религиозные посты. Существует ряд продуктов, в которые добавлен таурин. Специализированные пищевые продукты и биологически активные добавки к пище содержат 60–1200 мг таурина в порции, энергетические напитки – 300–400 мг в 100 мл. Клинические эффекты таурина при сахарном диабете и сердечной недостаточности проявляются при его включении в диетотерапию в дозе 1,5–3 г в течение 2–16 нед. Даже максимальные дозы, разрешенные для использования в составе специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище, существенно меньше доз, обеспечивающих достижение клинического эффекта, что не гарантирует ожидаемого результата при применении специализированных пищевых продуктов.

Ключевые слова: таурин, болезнь, веганы, специализированные пищевые продукты, биологически активная добавка, клиническая эффективность

Для цитирования: Коденцова В.М., Рисник Д.В., Ладодо О.Б. Функциональный ингредиент таурин: адекватные и клинически эффективные дозы. *Медицинский совет.* 2022;16(14):88–95. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-14-88-95>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Functional ingredient taurine: adequate and clinically effective doses

Vera M. Kodentsova^{1✉}, <https://orcid.org/0000-0002-5288-1132>, kodentsova@ion.ru

Dmitry V. Risnik², <https://orcid.org/0000-0002-3389-8115>, biant3@mail.ru

Olga B. Ladodo³, <https://orcid.org/0000-0002-4720-7231>, o_ladodo@oparina4.ru

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2/14, Ustyinsky Proezd, Moscow, 109240, Russia

² Lomonosov Moscow State University; 1, Bldg. 12, Lenin Hills, Moscow, 119991, Russia

³ Kulakov National Medical Research Center of Obstetrics, Gynecology and Perinatology; 4, Academician Oparin St., Moscow, 117997, Russia

Abstract

Taurine is a sulfur-containing amino acid. Taurine is necessary for the conjugation of bile acids, has antioxidant, anti-inflammatory properties, acts as an anti-apoptotic factor; cell membrane stabilizer; regulator of Ca²⁺ signaling, fluid homeostasis in cells, retinal photoreceptor activity; contributes to osmoregulation and conduction in the nervous and muscular systems; a neurodevelopmental stimulant; and an inhibitory neurotransmitter in the central nervous system. Taurine is not only synthesized from cysteine and methionine, but also comes from food. Taurine intake is 40–400 mg/day. The main food sources are animal products: shellfish, fish, meat. Taurine is part of breast milk and adapted milk formulas for the nutrition of young children. Under stress and some diseases, the endogenous synthesis of taurine is reduced. The risk groups for taurine deficiency include people who follow a vegetarian diet and observe religious fasts. There are a number of products in which taurine is added: specialized food products (SF) and food supplements (FS) contain 60–1200 mg of taurine per serving, energy drinks – 300–400 mg per 100 ml. The clinical

effects of taurine in diabetes mellitus, heart failure are manifested when it is included in diet therapy in doses of 1.5–3 g for 2–16 weeks. Even the maximum doses allowed for use as part of SFP and dietary supplements are significantly less than the doses that ensure the achievement of a clinical effect, which does not guarantee the expected result when using SF.

Keywords: taurine, diseases, vegans, specialty food, dietary supplement, clinical efficacy

For citation: Kodentsova V.M., Risnik D.V., Ladodo O.B. Functional ingredient taurine: adequate and clinically effective doses. *Meditsinskiy Sovet.* 2022;16(14):88–95. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-14-88-95>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы заметно увеличивается распространенность алиментарно-зависимых заболеваний, одним из факторов возникновения и прогрессирования которых являются нарушения в структуре питания. Несмотря на достаточно эффективную лекарственную терапию, постоянно осуществляется поиск диетологических воздействий, улучшающих состояние пациентов с минимальными побочными эффектами.

На сегодняшний день общепризнано, что таурин играет важную роль в питании и физиологии человека, в том числе нужен в качестве пищевого вещества, необходимо для конъюгирования в печени желчных кислот, которые способствуют всасыванию из кишечника пищевых липидов и жирорастворимых витаминов, для удаления холестерина (ХС) с желчью. Таурин – это:

- один из основных антиоксидантов, противовоспалительный и антиапоптотический фактор;
- физиологический стабилизатор клеточных мембран;
- регулятор передачи сигналов ионами Ca^{2+} , гомеостаза жидкости в клетках и активности фоторецепторов сетчатки;
- стимулятор неврологического развития и ингибирующий нейротрансмиттер в центральной нервной системе;
- ключевой компонент проводимости в нервной и мышечной системах;
- вклад в осморегуляцию [1, 2].

Таким образом, таурин способствует улучшению энергетических процессов, стимулирует репаративные и регенеративные процессы, активизирует сердечную мышцу, нервную систему, оказывает благотворное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Открытие перечисленных свойств механизмов действия таурина привело к его активному использованию при создании различных пищевых продуктов, включая специализированные пищевые продукты (СПП) для различных групп населения и биологически активные добавки (БАД) к пище.

Таурин (аминосulфоновая кислота) – серосодержащая аминокислота, образующаяся в организме из цистеина и метионина. В теле человека с массой тела около 70 кг содержится примерно 70 г таурина, причем около 70% находится в скелетных мышцах [3]. Высокое содержание таурина обнаружено в сердце, сетчатке глаза, плаценте (концентрация таурина в плацентарной ткани в 100–150 раз выше, чем в крови плода и матери), скелетных мышцах человека, а также грудном молоке. Плацента эффективно концентрирует таурин и переносит его в кро-

воток плода путем активного Na^+ -зависимого транспорта [4]. Факторы окружающей среды, снижающие плацентарный перенос таурина, среди которых ожирение беременной, преэклампсия, ограничения в питании, могут в конечном счете негативно отразиться на развитии плода [4]. Потребность в таурине у младенцев обеспечивается за счет поступления через плаценту или грудное молоко от матери [5]. Таурин является второй по распространенности свободной аминокислотой в грудном молоке и содержится в количестве 34–80 мг/л (250–640 мкмоль/л) на всех стадиях лактации [4, 6–8].

Таурин относится к веществам, которые не только поступают с пищей, но и способны синтезироваться в самом организме, и потому относится к заменимым или условно незаменимым аминокислотам. Это означает, что при определенных условиях он становится незаменимым: например, при индивидуальных физиологических или определенных клинических состояниях.

Цель обзора – оценить уровень потребления таурина с пищей, в том числе за счет продуктов с внесенным в них таурином, сопоставить разрешенные для применения дозы таурина в составе СПП и БАД с дозами, обеспечивающими клинический эффект.

Поиск анализируемой литературы осуществлялся с использованием поисковых систем PubMed, Google Scholar, ResearchGate, РИНЦ, CyberLeninka по ключевым словам taurine и food content, diabet, food supplement, а также их эквивалентам на русском языке преимущественно за последние 5 лет, за исключением отдельных исследований, имеющих принципиальное значение.

ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ – ИСТОЧНИКИ ТАУРИНА

Помимо эндогенного синтеза, таурин поступает из продуктов животного происхождения (*табл. 1*) [9, 10]. Ежедневно с пищей взрослый человек потребляет 50–200 (до 400) мг таурина.

Содержание таурина в молоке млекопитающих следующее (по убывающей): в овечьем – 140 мкмоль/л, в кобыльем – 30 мкмоль/л, в коровьем – 10 мкмоль/л [7].

Физиологическая потребность в таурине взрослого здорового человека с массой тела 70 кг составляет 75 мг/сут, или 1,07 мг на 1 кг массы тела в день [3]. Среднесуточное потребление таурина у корейских студентов составило примерно 90 мг [11].

Увеличение потребления таурина с пищей повышает его концентрацию в плазме крови и тканях (скелетные

- **Таблица 1.** Содержание таурина в некоторых готовых к употреблению пищевых продуктах [9, 10]
- **Table 1.** The taurine content of some ready-to-eat foods [9, 10]

Пищевой продукт (порция)	Содержание таурина	
	мг в 100 г	мг в 1 порции
Мидии, гребешок (85 г)	655–827	557–703
Моллюски, кальмар (57 г)	240–357	137–203
Рыба белая (75 г)	172	129
Лосось атлантический	130	98
Треска, тунец	31–68	23–51
Свинина, телятина, баранина, тунец консервированный (60 г)	40–56	24–34
Колбаса варено-копченая (30 г)	30–60	9–18
Курица, индейка (58 г)	11–14,5	6,4–8,4
Молоко пастеризованное, йогурт (150–200 г)	1	0,2

мышцы, мозг, сердце) [3]. Прием таурина (1,66 г на 1 кг массы тела) увеличивает его концентрацию в плазме крови в 15 раз (с 50 до более 750 мкмоль/л) в течение 2 ч, в дальнейшем высокие уровни в плазме (350 мкмоль/л) могут поддерживаться в течение 4 ч [12]. По другим данным, прием 6 г таурина в течение 6 дней пациентами с первичными переломами бедра в возрасте 75 лет и старше до и после операции сопровождался увеличением его содержания в плазме крови до 689 против исходного уровня 102 мкмоль/л [13].

Суточная экскреция таурина с мочой (72 мг/сут) отражает суммарное потребление таурина с пищей и эндогенный синтез из цистеина. Она положительно ассоциируется с потреблением животного белка, мяса и рыбы [14]: повышается при увеличении потребления рыбы и моллюсков, а также животного белка [15]. Суточная экскреция таурина с мочой даже используется в качестве биомаркера потребления морепродуктов и обратно связана с показателями смертности от инсульта и ишемической болезни сердца [16]. В эпидемиологических исследованиях было показано, что высокое потребление таурина, оцениваемое по его суточной экскреции с мочой и превышающее 639,4 мкмоль на 1 г креатинина, ассоциировалось с более низкой массой тела, артериальным давлением, общим ХС в плазме крови, индексом атерогенности [17]. Суточная экскреция таурина у японских девочек-подростков 13–17 лет составила 920–957 мкмоль, положительно коррелировала с потреблением морепродуктов и обратно – с уровнем триглицеридов (ТГ) [18]. Однако в общей популяции статистически значимой связи между сывороточным таурином и риском инсульта обнаружено не было [19].

При стрессе или некоторых заболеваниях (например, при тепловом стрессе, инфекции, ожирении, диабете и раке) синтез таурина в организме может нарушаться вследствие субоптимальной функции печени и снижения

доступности предшественников аминокислот. У женщин с доброкачественными поражениями молочной железы концентрация таурина в плазме крови обычно ниже (от 18 до 31 мкмоль/л), чем у здоровых (от 46 до 70 мкмоль/л) [20]. Снижение уровня таурина в крови на 23–40% наблюдается у пациентов с болезнью Альцгеймера, по сравнению с лицами без нейродегенеративных симптомов [21]. Концентрация таурина в плазме крови отрицательно ассоциируется с риском развития гестационного диабета: у беременных женщин с концентрацией таурина в плазме крови в низком и среднем тертилях он развивался чаще [22].

Повышенному риску дефицита таурина подвержены лица, не потребляющие продукты животного происхождения, поскольку предшественники таурина метионин и цистеин содержатся в большинстве белков растительного происхождения (кукуруза, картофель, рис, пшеница и овощи) в низких концентрациях [3, 5]. Тканевые уровни таурина у веганов, как правило, примерно на 20% ниже, чем у лиц, потребляющих смешанный рацион [23, 24]. Концентрация таурина в плазме крови у 36 египетских православных христиан (средний возраст 31 ± 2 года), не потреблявших в течение 6 нед. во время религиозного поста мясо, птицу, яйца и молочные продукты при одновременном увеличении частоты потребления рыбы до 4,5 раза в неделю, через 6 нед. снизилась с 92 ± 7 до 65 ± 6 мкмоль/л ($p = 0,003$) [25].

ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ С ДОБАВЛЕННЫМ ТАУРИНОМ

Согласно решению Комиссии по диетическим продуктам, питанию и аллергии Европейского агентства по безопасности продуктов питания (EFSA), при условии содержания таурина 75–150 мг на этикетку может быть вынесена информация о том, что продукт содержит аминокислоту, которая играет важную роль в иммунной системе, защищает сетчатку глаза и клетки печени от токсинов, поддерживает нормальную работу сердца, здоровье сердечно-сосудистой системы [26].

Таурин в качестве функционального ингредиента используется при производстве продукции разных категорий (табл. 2).

Для повышения сходства с грудным молоком в соответствии со стандартом Codex Alimentarius (свод пищевых международных стандартов), принятых Международной комиссией ФАО/ВОЗ (Standard for infant formula and formulas for special medical purposes intended for infants), в СПП для питания детей раннего возраста добавляют таурин. Восстановленные адаптированные смеси содержат 4–9 мг/кг таурина на 100 мл (максимальное количество – до 12 мг на 100 мл), а восстановленные последующие формулы – 1,8 мг таурина на 100 мл [4, 13, 27].

Очень часто таурин используют в качестве активного ингредиента при производстве СПП для питания спортсменов, а используемые дозы подразделяют на низкие (0,5–2 г), умеренные (3–5 г) и высокие (> 5 г) [28]. По результатам метаанализов применение таурина приво-

● **Таблица 2.** Виды продукции, содержащей добавленный таурин
 ● **Table 2.** Types of foods with added taurine

Продукция	Содержание таурина
Восстановленные адаптированные смеси для питания детей раннего возраста	4–9 мг/кг
Восстановленные последующие формулы	1,8 мг на 100 мл
Биологически активные добавки к пище	60–1200 мг в суточной порции
Специализированные пищевые продукты	60–1200 мг в суточной порции
Специализированные пищевые продукты для питания спортсменов	60–1200 мг в суточной порции
Напитки безалкогольные тонизирующие	300–400 мг в 100 см ³
Напитки слабоалкогольные тонизирующие	30–400 мг в 100 см ³

дит к снижению уровня лактата (однократный прием 1 г таурина до или после тренировки [29]), активности креатинкиназы, маркеров воспаления и улучшению показателей гликолитического/жирового окисления [28]. Прием таурина по 2 г 3 раза в день во время физических упражнений может уменьшить повреждение ДНК [29]. В то же время имеются сведения о том, что прием 1 г таурина перед тренировкой не улучшал показатели производительности во время 4-километровой велогонки и не влиял на буферную емкость крови у тренированных велосипедистов [30]. Согласно данным другого недавнего метаанализа, однократный прием таурина в дозе от 1 до 6 г повышает выносливость спортсменов [31]. Потребление 3 г таурина в течение 8 нед. после тренировки в составе шоколадного молока (400 мл) мужчинами-триатлонистами приводило к увеличению концентрации таурина (234 против 201 мкмоль/л) и снижению на 19% малонового диальдегида (МДА) в плазме крови, но не влияло на концентрацию глутатиона и витамина Е, а также аэробные параметры относительно показателей группы сравнения, получавшей шоколадное молоко без добавленного таурина [32].

Таурин, наряду с кофеином и витаминами, является одним из основных ингредиентов, используемых в рецептуре энергетических напитков [33]. В соответствии с ГОСТ Р 52844-2007 «Напитки безалкогольные тонизирующие» содержание таурина может составлять 300–400 мг в 100 см³ напитка. Анализ 10 напитков зарубежного производства показал, что среднее содержание таурина составляет 342 мг на 100 мл [34]. Эти результаты свидетельствуют о том, что потребление таурина за счет энергетических напитков может в несколько раз превышать его поступление из других видов пищи. Наиболее распространенные побочные эффекты избыточного потребления энергетических напитков связаны с сердечно-сосудистой и неврологической системами [24]. Согласно данным метаанализа, 9 наиболее частыми нежелательными явлениями у педиатрических пациентов были бессонница (35,4%), стресс (35,4%) и депрессивное настроение (23,1%), а у взрослых – беспокойство, нервозность, дрожание рук (29,8%), бессонница (24,7%) и желудочно-ки-

шечные расстройства (21,6%) [24]. Единого мнения о том, следует ли рекомендовать спортсменам использование энергетических напитков и какие дозы конкретных ингредиентов следует использовать для достижения оптимального эффекта, до сих пор нет. Беременным и кормящим женщинам следует избегать употребления энергетических напитков [35].

Согласно ГОСТ Р 52845-2007 «Напитки слабоалкогольные тонизирующие», рекомендуемые уровни содержания таурина в слабоалкогольных напитках должны находиться в диапазоне 30–400 мг в 100 см³.

Разработана технология получения мягкого сыра с высоким содержанием таурина, что достигается добавлением мягких тканей двусторчатых моллюсков – сахалинской спизулы (*Spisula sachalinensis*) до 20% в готовом продукте, обеспечивая содержание таурина 170–255 мг в 100 г продукта [36].

В настоящее время огромное значение придается СПП. Согласно техническому регламенту ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания», СПП – это продукт с заданной пищевой и энергетической ценностью, предназначенный для коррекции углеводного, жирового, белкового, витаминного и других видов обмена веществ, удовлетворяющий физиологическим потребностям организма человека в необходимых пищевых веществах и энергии с учетом факторов риска и патогенеза заболеваний, с подтвержденными заявленными лечебными и (или) профилактическими свойствами. Создание специализированной пищевой продукции направлено, с одной стороны, на ликвидацию дефицита, а с другой – на обогащение рационов диетического лечебного и диетического профилактического питания достаточным количеством эффективных компонентов, которые способствуют улучшению функционирования органов и систем [37]. Разработка (моделирование и (или) конструирование) СПП включает несколько стадий, одна из которых – обоснование ингредиентного состава, т. е. выбор функциональных компонентов и их дозы. Количество добавляемых в состав СПП и содержащихся в суточной порции биологически активных веществ устанавливается несколькими нормативными документами. Адекватный уровень суточного потребления таурина составляет 400 мг, верхний допустимый уровень суточного потребления в составе БАД и СПП – 1,2 г¹. Под адекватным уровнем потребления подразумевается уровень суточного потребления пищевых и биологически активных веществ, установленный на основании расчетных или экспериментально определенных величин или оценок потребления пищевых и биологически активных веществ группой практически здоровых людей.

¹ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (Глава II. Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевой продукции), утверждены Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. N 299. Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txn/reg/depsanmer/sanmeri/Pages/P2_299.aspx; Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Режим доступа: https://www.rosпотреbnadzor.ru/upload/iblock/789/1.-mr-2.3.1.0253_21-normy-pishchevykh-veshchestv.pdf.

ДОЗОЗАВИСИМЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ТАУРИНА

В настоящее время накоплены исследования, подтверждающие роль таурина в лечении заболеваний мышц, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Показано, что таурин эффективен при лечении митохондриальных заболеваний, митохондриальной энцефалопатии, лактоацидоза и инсультоподобных эпизодов, сахарного диабета 2-го типа (СД2), воспалительных заболеваний (артрита) [1]. Таурин зарегистрирован в качестве лекарственного средства, улучшающего метаболизм и энергообеспечение тканей, для пациентов с СД и сердечной недостаточностью. Рекомендуемая дозировка – от 250–500 мг до 2–3 г, курс приема 30 дней. После однократного приема 500 мг таурина максимальная концентрация в плазме крови достигается через 1,5–2 ч, выводится он полностью через сутки.

В то же время имеются данные об отсутствии статистически значимой связи между концентрацией сывороточного таурина и риском инсульта в общей популяции населения [38].

В *табл. 3* приведены некоторые примеры применения таурина в питании различных групп пациентов [3, 34, 38–43].

Как следует из *табл. 3*, чаще всего таурин применяют в составе диетотерапии пациентов с СД2, сердечной недостаточностью, несколько меньше сведений о применении при других заболеваниях. Согласно данным *табл. 3*, клинические эффекты таурина проявляются при его включении в диетотерапию в течение 2 нед. – 4 мес. в дозе 1,5–3 г и лишь в одном исследовании – при приеме 1 г. Недавний метаанализ показал, что прием в течение 2 нед. таурина в дозе 1,5–6 г/сут пожилыми пациентами с сердечной недостаточностью, гипертонией или циррозом печени сопровождается снижением как диастолического, так и систолического артериального давления на 3 мм рт. ст. [44].

Включение таурина в состав базисной терапии хронической сердечной недостаточности и СД2 у больных в раннем постинфарктном периоде в дозе 1 г в течение 4 мес. приводило к улучшению показателей микроциркуляции, наиболее выраженному у пациентов со спастическим типом микроциркуляции, а также к снижению уровня глюкозы и ТГ в крови [45].

Ежедневный прием таурина по 2 г в течение 4 нед. приводил к повышению его уровня в сыворотке крови, клинически значимому снижению частоты, продолжительности и интенсивности мышечных судорог у пациентов с хроническими заболеваниями печени по сравнению с показателями лиц, получавших плацебо [42].

Прием таурина женщинами с ожирением по 3 г/сут в течение 8 нед. на фоне редуцированной по калорийности диеты приводил к снижению общего ХС, ХС липопротеинов низкой плотности, лептина, общего адипонектина и С-реактивного белка по сравнению с участницами из контрольной группы [46].

Таурин используется в лечении артериальной гипертензии беременных: при легкой и умеренной степени

тяжести заболевания прием таурина в дозе 1 г/сут (в 2 приема) двумя 30-дневными курсами (16–20-я и 32–36-я недели гестации) в комбинации с допегитом сопровождался снижением систолического и диастолического давления на 7 и 8,9% соответственно, а также частоты сердечных сокращений на 1% [47].

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Как уже отмечалось, таурин в качестве функционального ингредиента включается в состав СПП. Оценка соответствия отдельных видов СПП требованиям технического регламента ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» осуществляется в форме государственной регистрации, при которой у продукции диетического лечебного и диетического профилактического питания должны быть подтверждены заявленные лечебные и (или) профилактические свойства. Другими словами, заявленные свойства СПП должны быть подтверждены с позиций доказательной медицины, что подразумевает наличие статистически значимого положительного результата и отсутствие отрицательного воздействия на функцию органов и систем, а также обмен веществ человека [37].

В качестве примера рассмотрим СПП, представляющий собой смесь для приготовления напитка на основе мальтодекстрина, изолята соевого белка, жирового компонента, содержащий пищевые волокна (полидекстроза и гуммиарабик), полный набор витаминов в дозе 48–150% от физиологической потребности, таурин 700 мг. Доза таурина укладывается в диапазон разрешенных для использования в составе СПП, однако она существенно ниже доз, обеспечивающих клинический эффект (*табл. 2*), а продолжительность клинических испытаний, ограниченная пребыванием в стационаре (10–14 дней) столь мала, что вряд ли обеспечит выраженный положительный эффект.

Проведенный анализ данных литературы позволяет сделать ряд выводов. Большая часть имеющихся исследований свидетельствует о том, что таурин обладает противовоспалительным, антиоксидантным действием, является модулятором ионного потока, способствует поддержанию Ca^{2+} -гомеостаза и стабилизации мембран. Однако все эти эффекты таурина установлены в опытах *in vitro* или *in vivo* в экспериментах на животных, при этом используемые дозы трудно экстраполировать на человека.

Включение таурина в качестве компонентов БАД к пище и СПП регулируется нормативными документами. При этом даже максимальные дозы, разрешенные для использования в составе СПП и БАД к пище, существенно меньше доз, обеспечивающих достижение клинического эффекта. Продолжительность отечественных клинических испытаний, ограниченная сроком пребывания пациента в стационаре, как правило, не превышает 2 нед., что также

● **Таблица 3.** Клиническая эффективность таурина и условия ее достижения у пациентов
 ● **Table 3.** Clinical efficacy of taurine and conditions for the achievement of its efficacy in patients

Заболевание	Действующая суточная доза, г	Срок приема	Эффект
СД2	1,5	2 нед.	Глюкоза = [39]
	1,5	3 мес.	Агрегация тромбоцитов ↓ [40]
	3	7 нед.	ИМТ ↓, ТГ плазмы ↓, атерогенный индекс ↓ [3]
	3	8 нед.	СОД ↑, МДА сыворотки крови ↓, С-реактивный белок ↓, TNF-α ↓, по сравнению с исходным уровнем и плацебо [41]
	3	2 мес.	СОД ↑, С-реактивный белок ↓, TNF-α ↓, IL-6 ↓ [42]
	3	2 мес.	ТГ ↓, ХС ЛПНП ↓ [40]
	3	4 мес.	Таурин в плазме крови ↑, HbA1c =, перекиси липидов = по сравнению с группой плацебо [34]
	3	4 мес.	Микроальбуминурия = [40]
СД2 с сосудистой дисфункцией	1,6	3 мес.	Реверсивная сосудистая дисфункция [41]
СД2, сердечная недостаточность	1	4 мес.	Глюкоза ↓, ТГ ↓, микроциркуляция ↑
Сердечная недостаточность	1,5	2 нед.	Переносимость физических нагрузок ↑, общий ХС / ХС ЛПВП ↓, С-реактивный белок ↓ [40]
	1,5	2 нед.	Таурин в сыворотке крови ↑, антиатерогенное и противовоспалительное действие ↑ до и после инкрементной тренировки на беговой дорожке [38]
Предгипертензия	1,6	12 нед.	Систолическое и диастолическое давление ↓
Цирроз печени	3	4 нед.	Таурин в плазме крови ↑, судороги мышц ↓ [42]
Хронические заболевания печени	2	4 нед.	Таурин в сыворотке крови ↑, частота, продолжительность и интенсивность мышечных судорог ↓ [43]

Примечание. ↓ – уменьшение, ↑ – увеличение, = – отсутствие изменений, ИМТ – индекс массы тела, ЛПВП – липопротеины высокой плотности, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, МДА – малоновый диальдегид, СД2 – сахарный диабет 2-го типа, СОД – супероксиддисмутаза, ТГ – триглицериды, ХС – холестерин, IL-6 – интерлейкин-6, HbA1c – гликированный гемоглобин, TNF-α – фактор некроза опухоли-альфа.

значительно меньше сроков наблюдения в рандомизированных клинических испытаниях таурина в высоких дозах.

Результатом применения низких доз и малой продолжительности наблюдения является отсутствие статистически значимых отличий клинических показателей от таковых у пациентов, получавших стандартную диетотерапию, т. е. от группы сравнения. Это ставит закономерный вопрос о том, можно ли признавать такие результаты как доказательство эффективности СПП, что является необходимым условием при их государственной регистрации.

Согласно отечественной нормативной базе, содержание таурина в СПП диетического профилактического и диетического лечебного питания одинаково. Однако, как следует из представленных данных, лечебные дозы, обеспечивающие клинический эффект, существенно превышают разрешенные. Анализ результатов исследований свидетельствует, что эффективные дозы таурина в СПП лечебного питания должны составлять не менее 1,5 г.

Также важным представляется подбор клинических показателей, используемых для оценки клинической эффективности СПП (табл. 3). С целью установления причинно-следственной связи между приемом СПП и воздействием на состояние пациентов необходимо удостовериться, что внесенные в состав СПП компоненты усвоились. Это означает, что при оценке эффективности СПП, содержащих таурин, необходимо убедиться, что он усво-

ился. Помимо этого, при включении в СПП таурина, обладающего антиоксидантными свойствами, представляется целесообразным оценивать какие-либо параметры антиоксидантного статуса организма (концентрация МДА, общая антиоксидантная способность плазмы крови, перекиси липидов, активность супероксиддисмутазы и т. д.).

Выводы

Разрешенные для применения в составе СПП дозы таурина в большей степени соответствуют для продукции профилактического действия, т. е. восполняющего недостаток таурина. Терапевтический эффект достигается при значительно более высоких дозах, превышающих 1,5 г. Включение в СПП функциональных ингредиентов в количестве, не достигающем доз с доказанной клинической эффективностью при определенной патологии и к тому же в течение непродолжительного срока, не гарантирует ожидаемого результата при применении в качестве лечебного питания. Полученные данные подтверждают необходимость разработки обоснованных подходов для создания рецептур и клинической оценки эффективности СПП.

Поступила / Received 06.06.2022
 Поступила после рецензирования / Revised 28.06.2022
 Принята в печать / Accepted 29.06.2022

Список литературы / References

- Schaffer S., Kim H.W. Effects and mechanisms of taurine as a therapeutic agent. *Biomol Ther (Seoul)*. 2018;26(3):225–241. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2017.251>.
- Rapa S.F., Di Iorio B.R., Campiglia P., Heidland A., Marzocco S. Inflammation and oxidative stress in chronic kidney disease-potential therapeutic role of minerals, vitamins and plant-derived metabolites. *Int J Mol Sci*. 2020;21(1):263. <https://doi.org/10.3390/ijms21010263>.
- Wu G. Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health. *Amino Acids*. 2020;52(3):329–360. <https://doi.org/10.1007/s00726-020-02823-6>.
- Tochitani S. Taurine: a maternally derived nutrient linking mother and offspring. *Metabolites*. 2022;12(3):228. <https://doi.org/10.3390/metabo12030228>.
- Jakše B. Placing a well-designed vegan diet for Slovenes. *Nutrients*. 2021;13(12):4545. <https://doi.org/10.3390/nu13124545>.
- Dror D.K., Allen L.H. Overview of nutrients in human milk. *Adv Nutr*. 2018;9(Suppl. 1):278S–294S. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy022>.
- Penhaligon J., Poppitt S.D., Miles-Chan J.L. The role of bovine and non-bovine milk in cardiometabolic health: should we raise the "Baa"? *Nutrients*. 2022;14(2):290. <https://doi.org/10.3390/nu14020290>.
- Van Sadelhoff J.H., Van de Heijning B.J., Stahl B., Amodio S., Rings E.H., Mearin M.L. et al. Longitudinal variation of amino acid levels in human milk and their associations with infant gender. *Nutrients*. 2018;10(9):1233. <https://doi.org/10.3390/nu10091233>.
- Wójcik O.P., Koenig K.L., Zeleniuch-Jacquotte A., Costa M., Chen Y. The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. *Atherosclerosis*. 2010;208(1):19. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.06.002>.
- Kulczyński B., Sidor A., Gramza-Michałowska A. Characteristics of selected antioxidative and bioactive compounds in meat and animal origin products. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(9):335. <https://doi.org/10.3390/antiox8090335>.
- Park J.Y., You J.S., Chang K.J. Dietary taurine intake, nutrients intake, dietary habits and life stress by depression in Korean female college students: a case-control study. *J Biomed Sci*. 2010;17(Suppl. 1):S40. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-S1-S40>.
- Almeida C.C., Mendonca Pereira B.F., Leandro K.C., Costa M.P., Spisso B.F., Conte-Junior C.A. Bioactive compounds in infant formula and their effects on infant nutrition and health: a systematic literature review. *Int J Food Sci*. 2021;8850080. <https://doi.org/10.1155/2021/8850080>.
- Van Stijn M.F., Bruins A.A., Vermeulen M.A., Witlox J., Teerlink T., Schoorl M.G. et al. Effect of oral taurine on morbidity and mortality in elderly hip fracture patient: a randomized trial. *Int J Mol Sci*. 2015;16(6):12288–12306. <https://doi.org/10.3390/ijms160612288>.
- Post A., Said M.Y., Gomes-Neto A.W., van der Krogt J., de Blaauw P., Berger S.P. et al. Urinary taurine excretion and risk of late graft failure in renal transplant recipients. *Nutrients*. 2019;11(9):2212. <https://doi.org/10.3390/nu11092212>.
- Cuparencu C., Praticó G., Hemeryck L.Y., Sri Harsha P.S., Noerman S., Rombouts C. et al. Biomarkers of meat and seafood intake: an extensive literature review. *Genes Nutr*. 2019;14:35. <https://doi.org/10.1186/s12263-019-0656-4>.
- Mori M., Mori H., Hamada A., Yamori Y. Taurine in morning spot urine for the useful assessment of dietary seafood intake in Japanese children and adolescents. *J Biomed Sci*. 2010;17(Suppl. 1):S43. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-S1-S43>.
- Ямори Ю., Taguchi T., Hamada A., Kunimasa K., Mori H., Mori M. Тaurин в норме и патологии: результаты экспериментальных и эпидемиологических исследований. *Российский кардиологический журнал*. 2010;6(86):64–75. Режим доступа: <https://russjcardiol.elpub.ru/jour/article/view/1518>.
- Yamori Y., Taguchi T., Hamada A., Kunimasa K., Mori H., Mori M. Taurine in health and diseases: consistent evidence from experimental and epidemiological studies. *Russian Journal of Cardiology*. 2010;6(6):64–75. (In Russ.) Available at: <https://russjcardiol.elpub.ru/jour/article/view/1518>.
- Ishikawa M., Arai S., Takano M., Hamada A., Kunimasa K., Mori M. Taurine's health influence on Japanese high school girls. *J Biomed Sci*. 2010;17(Suppl. 1):S47. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-S1-S47>.
- Wu F., Koenig K.L., Zeleniuch-Jacquotte A., Jonas S., Afanasyeva Y., Wójcik O.P., Chen Y. Serum taurine and stroke risk in women: a prospective, nested case-control study. *PLoS ONE*. 2016;11(2):e0149348. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149348>.
- Baliou S., Kyriakopoulos A.M., Spandidos D.A., Zoumpourlis V. Role of taurine, its haloamines and its lncRNA TUG1 in both inflammation and cancer progression. On the road to therapeutics? *Int J Oncol*. 2020;57(3):631–664. <https://doi.org/10.3892/ijo.2020.5100>.
- Rafiee Z., Garcia-Serrano A.M., Duarte J.M. Taurine supplementation as a neuroprotective strategy upon brain dysfunction in metabolic syndrome and diabetes. *Nutrients*. 2022;14(6):1292. <https://doi.org/10.3390/nu14061292>.
- Liu P.J., Liu Y., Ma L., Liu L., Hu T., An Z. et al. The relationship between plasma taurine levels in early pregnancy and later gestational diabetes mellitus risk in Chinese pregnant women. *Sci Rep*. 2021;11(1):7993. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87178-y>.
- McCarty M.F. Nutraceutical, dietary, and lifestyle options for prevention and treatment of ventricular hypertrophy and heart failure. *Int J Mol Sci*. 2021;22(7):3321. <https://doi.org/10.3390/ijms22073321>.
- Erdmann J., Wiciński M., Wódkiewicz E., Nowaczewska M., Słupski M., Otto S.W. et al. Effects of energy drink consumption on physical performance and potential danger of inordinate usage. *Nutrients*. 2021;13(8):2506. <https://doi.org/10.3390/nu13082506>.
- Elshorbagy A., Jernerén F., Basta M., Basta C., Turner C., Khaled M., Refsum H. Amino acid changes during transition to a vegan diet supplemented with fish in healthy humans. *Eur J Nutr*. 2017;56(5):1953–1962. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1237-6>.
- European Commission. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to taurine and "immune system protection" (ID 611), "metabolism processes" (ID 613), contribution to normal cognitive function (ID 1659), maintenance of normal cardiac function (ID 1661), maintenance of normal muscle function (ID 1949) and delay in the onset of physical fatigue during exercise (ID 1958) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA J*. 2011;9(4):2035. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2035>.
- Chawla D. Taurine and neonatal nutrition. *Indian J Pediatr*. 2018;85(10):829. <https://doi.org/10.1007/s12098-018-2781-2>.
- Kurtz J.A., VanDusseldorp T.A., Doyle J.A., Otis J.S. Taurine in sports and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18(1):39. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00438-0>.
- Chen Q., Li Z., Pinho R.A., Gupta R.C., Ugbolue U.C., Thirupathi A., Gu Y. The Dose Response of Taurine on Aerobic and Strength Exercises: A Systematic Review. *Front Physiol*. 2021;12:700352. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.700352>.
- Ward R., Bridge C.A., McNaughton L.R., Sparks S.A. The effect of acute taurine ingestion on 4-km time trial performance in trained cyclists. *Amino Acids*. 2016;48(11):2581–2587. <https://doi.org/10.1007/s00726-016-2282-4>.
- Waldron M., Patterson S.D., Tallent J., Jeffries O. The effects of an oral taurine dose and supplementation period on endurance exercise performance in humans: a meta-analysis. *Sports Med*. 2018;48(5):1247–1253. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0896-2>.
- De Carvalho F.G., Galan B.S., Santos P.C., Pritchett K., Pfrimer K., Ferriolli E. et al. Taurine: a potential ergogenic aid for preventing muscle damage and protein catabolism and decreasing oxidative stress produced by endurance exercise. *Front Physiol*. 2017;8:710. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00710>.
- Mateo-Fernández M., Valenzuela-Gómez F., Font R., Río-Celestino D., Merinas-Amo T., Alonso-Moraga Á. In Vivo and In Vitro Assays Evaluating the Biological Activity of Taurine, Glucose and Energetic Beverages. *Molecules*. 2021;26(8):2198. <https://doi.org/10.3390/molecules26082198>.
- Sarkar P., Basak P., Ghosh S., Kundu M., Sil P.C. Prophylactic role of taurine and its derivatives against diabetes mellitus and its related complications. *Food Chem Toxicol*. 2017;110:109–121. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.022>.
- Koletszko B., Cremer M., Flothkötter M., Graf C., Hauner H., Hellmers C. et al. Diet and lifestyle before and during pregnancy – practical recommendations of the Germany-wide healthy start – young family network. *Geburtshilfe Frauenheilkd*. 2018;78(12):1262–1282. <https://doi.org/10.1055/a-0713-1058>.
- Позднякова Ю.М., Пивненко Т.Н. Обоснование технологии комбинированных молочных продуктов с добавлением БАВ гидробионтов. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2017;42(3):90–98. Режим доступа: https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/images/Issues/42/42_12.pdf.
- Pozdnyakova Yu.M., Pivnenko T.N. The substantiation of combined lactic products technology with adding bas of hydrobionts. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2017;42(3):90–98. (In Russ.) Available at: https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/images/Issues/42/42_12.pdf.
- Глазкова И.В., Саркисян В.А., Сидорова Ю.С., Мазо В.К., Кочеткова А.А. Основные этапы оценки эффективности специализированных пищевых продуктов. *Пищевая промышленность*. 2017;(12):8–11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32278602>.
- Glazkova I.V., Sarkisyan V.A., Sidorova Yu.S., Mazo V.K., Kochetkova A.A. The main stages of evaluating the effectiveness of specialized food products. *Food Industry*. 2017;(12):8–11. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32278602>.
- Ahmadian M., Roshan V.D., Aslani E., Stannard S.R. Taurine supplementation has anti-atherogenic and anti-inflammatory effects before and after incremental exercise in heart failure. *Ther Adv Cardiovasc Dis*. 2017;11(7):185–194. <https://doi.org/10.1177/175394471711138>.

39. Ito T., Schaffer S.W., Azuma J. The potential usefulness of taurine on diabetes mellitus and its complications. *Amino Acids*. 2012;42(5):1529–1539. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0883-5>.
40. Qaradakhli T., Gadanec L.K., McSweeney K.R., Abraham J.R., Apostolopoulos V., Zulli A. The anti-inflammatory effect of taurine on cardiovascular disease. *Nutrients*. 2020;12(9):2847. <https://doi.org/10.3390/nu12092847>.
41. Maleki V., Mahdavi R., Hajizadeh-Sharafabad F., Alizadeh M. The effects of taurine supplementation on oxidative stress indices and inflammation biomarkers in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Diabetol Metab Syndr*. 2020;12:9. <https://doi.org/10.1186/s13098-020-0518-7>.
42. Jang E.S., Hwang S.H., Kim J.W., Jeong S.H. Effectiveness of 4-week oral taurine treatment for muscle cramps in patients with liver cirrhosis: a single-arm pilot study. *Yonsei Med J*. 2021;62(1):21–28. <https://doi.org/10.3349/ymj.2021.62.1.21>.
43. Vidot H., Cvejic E., Carey S., Strasser S.I., McCaughan G.W., Allman-Farinelli M., Shackel N.A. Randomised clinical trial: oral taurine supplementation versus placebo reduces muscle cramps in patients with chronic liver disease. *Aliment Pharmacol Ther*. 2018;48(7):704–712. <https://doi.org/10.1111/apt.14950>.
44. Waldron M., Patterson S.D., Tallent J., Jeffries O. The effects of oral taurine on resting blood pressure in humans: a meta-analysis. *Curr Hypertens Rep*. 2018;20(9):81. <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0881-z>.
45. Стаценко М.Е., Винникова А.А., Ронская А.М., Шилина Н.Н. Тaurin в терапии хронической сердечной недостаточности и сахарного диабета 2 типа: влияние на микроциркуляцию и эластические свойства магистральных сосудов. *Сердечная недостаточность*. 2013;14(6):80. Режим доступа: <https://medi.ru/info/10934/>.
46. Statsenko M.E., Vinnikova A.A., Ronskaya A.M., Shilina N.N. Taurine in the treatment of chronic heart failure and type 2 diabetes mellitus: influence on microcirculation and elastic properties of great vessels. *Heart Failure*. 2013;14(6):80. (In Russ.) Available at: <https://medi.ru/info/10934/>.
47. Haidari F., Asadi M., Mohammadi-Asl J., Ahmadi-Angali K. Effect of weight-loss diet combined with taurine supplementation on body composition and some biochemical markers in obese women: a randomized clinical trial. *Amino Acids*. 2020;52(8):1115–1124. <https://doi.org/10.1007/s00726-020-02876-7>.
48. Захаров И.В. Оптимизация терапии артериальной гипертензии у беременных женщин. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2010;9(5):10–13. Режим доступа: <https://www.phdynasty.ru/katalog/zhurnaly/voprosy-ginekologii-akusherstva-i-perinatologii/2010/tom-9-nomer-5/10113>.
49. Zakharov I.V. Optimization of therapy of arterial hypertension in pregnant women. *Gynecology, Obstetrics and Perinatology*. 2010;9(5):10–13. (In Russ.) Available at: <https://www.phdynasty.ru/katalog/zhurnaly/voprosy-ginekologii-akusherstva-i-perinatologii/2010/tom-9-nomer-5/10113>.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования – Коленцова В.М., Ладодо О.Б.

Написание текста – Коленцова В.М.

Сбор и обработка материала – Коленцова В.М., Рисник Д.В.

Обзор литературы – Рисник Д.В.

Статистическая обработка – Рисник Д.В.

Редактирование – Ладодо О.Б.

Contribution of authors:

Study concept and design – Vera M. Kodentsova, Olga B. Ladodo

Text development – Vera M. Kodentsova

Collection and processing of material – Vera M. Kodentsova, Dmitry V. Risnik

Literature review – Dmitry V. Risnik

Statistical processing – Dmitry V. Risnik

Editing – Olga B. Ladodo

Информация об авторах:

Коленцова Вера Митрофановна, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ, Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи; 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, д. 2/14; kodentsova@ion.ru

Рисник Дмитрий Владимирович, к.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры биофизики биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; biant3@mail.ru

Ладодо Ольга Борисовна, к.м.н., руководитель Национального координирующего центра по поддержке грудного вскармливания, Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова; 117997, Россия, Москва, ул. Академика Опарина, д. 4; o_ladodo@oparina4.ru

Information about the authors:

Vera M. Kodentsova, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 2/14, Ustyinsky Proezd, Moscow, 109240, Russia; kodentsova@ion.ru

Dmitry V. Risnik, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Biophysics, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; 1, Bldg. 12, Lenin Hills, Moscow, 119991, Russia; biant3@mail.ru

Olga B. Ladodo, Cand. Sci. (Med.), Head of the National Coordinating Center for Breastfeeding Support, Kulakov National Medical Research Center of Obstetrics, Gynecology and Perinatology; 4, Academician Oparin St., Moscow, 117997, Russia; o_ladodo@oparina4.ru