

Научный обзор

УДК 613.6.02: 613.2.035

DOI: 10.17816/pmj42464-77

РОЛЬ ПИТАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ НАРУШЕНИЙ СЛУХА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В.Ф. Спирин^{1,2}, Г.А. Безрукова^{1*}

¹*Саратовский медицинский научный центр гигиены Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения,*

²*Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского, Российская Федерация*

THE ROLE OF NUTRITION IN THE FORMATION OF HEARING DISORDERS: LITERATURE REVIEW

V.F. Spirin^{1,2}, G.A. Bezrukova^{1*}

¹*Saratov Medical Research Center for Hygiene of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov,*

²*Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Russian Federation*

Кратко освещены основные патогенетические аспекты опосредованного действия макро- и микронутриентов на функциональное состояние органа слуха. Показано, что характер питания способен оказывать двойственное влияние на потерю слуха (ПС). Так, продукты с высоким гликемическим индексом и повышенным содержанием холестерина, трансжиров и полинасыщенных жирных кислот статистически значимо коррелируют с более высоким риском развития возрастной и/или профессиональной ПС. Сбалансированные диеты, включающие клетчатку растительного происхождения (цельнозерновые продукты, бобовые, овощи, фрукты, грибы и пр.) и натуральные омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты (жирная рыба, морепродукты), а также прием витаминов-антиоксидантов (А, Е, С) и ряда витаминов группы В (фолиевая кислота, кобаламин) при их дефиците или недостаточности, повышают остроту слуха и статистически значимо снижают риск его нарушений, обусловленный пресбиакзисом, воздействием шума или ототоксических агентов. Проведенный анализ современной научной литературы свидетельствует о высоком потенциале здорового питания в профилактике и возможном восстановлении кохлеарной дисфункции при отсутствии необратимых изменений. Последнее требует дополнительных крупномасштабных лонгитюдных исследований и углубленного изучения связи ПС с

© Спирин В.Ф., Безрукова Г.А., 2025

e-mail: bezrukovagala@yandex.ru

[Спирин В.Ф. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом медицины труда и общей патологии, ORCID: 0000-0002-2987-0099; Безрукова Г.А. (*контактное лицо) – доктор медицинских наук, доцент, главный научный сотрудник отдела медицины труда и общей патологии, ORCID: 0009-0009-6254-3506].

© Spirin V.F., Bezrukova G.A., 2025

e-mail: bezrukovagala@yandex.ru

[Spirin V.F. – DSc (Medicine), Professor, Head of the Department of Occupational Medicine and General Pathology, ORCID: 0000-0002-2987-0099; Bezrukova G.A. (*contact person) – DSc (Medicine), Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Occupational Medicine and General Pathology, ORCID: 0009-0009-6254-3506].

потреблением нутриентов и дозозависимыми эффектами витаминов для научного обоснования лечебно-оздоровительных и профилактических диетических программ.

Ключевые слова. Нарушения слуха, патогенез, факторы риска, образ жизни, питание.

The article briefly highlights the main pathogenetic aspects of the indirect effect of macro- and micronutrients on the functional state of the hearing organ. It has been shown that the nature of nutrition can have a dual effect on hearing loss (HL). Thus, foods with a high glycemic index and elevated cholesterol, trans fats, and polyunsaturated fatty acids levels statistically significantly correlated with a higher risk of developing age-related and/or occupational HL. While balanced diets which include plant-derived fiber (whole grain products, legumes, vegetables, fruits, mushrooms, etc.) and natural omega-3 polyunsaturated fatty acids (fatty fish, seafood), as well as intake of antioxidant vitamins (A, E, C) and a number of B vitamins (folic acid, cobalamin) in their deficiency or insufficiency, increase hearing acuity and statistically significantly reduce the risk of hearing impairment due to presbycusis, exposure to noise or ototoxic agents.

The analysis of contemporary scientific literature indicates the significant potential of a healthy diet in the prevention and possible restoration of cochlear dysfunction when no irreversible changes are present. The latter requires additional large-scale longitudinal studies and an in-depth study of the relationship of HL with nutrient intake and dose-dependent effects of vitamins for the scientific justification of therapeutic and preventive dietary programs.

Keywords. Hearing disorders, pathogenesis, risk factors, lifestyle, nutrition.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия потеря слуха (ПС) становится наиболее распространенным сенсорным нарушением здоровья во всем мире, ограничивающим межличностное общение и негативно влияющим на психосоциальное благополучие, профессиональную деятельность и качество жизни, а также третьей по значимости причиной лет, прожитых с инвалидностью, [1; 2]. По данным последнего метаанализа распространенности ПС, проведенного в рамках проекта «Глобальное бремя болезней» (GBD), в 2019 г. около 20 % мирового населения (1,57 млрд человек) имели нарушения слуха разной степени тяжести [3], из которых в России было зарегистрировано 37,3 млн человек с усредненным порогом слышимости более 20 дБ [4]. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в силу имеющей место стойкой тенденции к росту глобальной распространенности ПС и демографического старения к 2050 г. нарушениям слуха могут быть подвержены 2,5 млрд мирового населения, из которых по мень-

шей мере 700 млн будут иметь инвалидизирующее снижение слуха [3].

Несмотря на интенсивно разрабатываемые инновационные направления профилактики и лечения ПС – антиапоптотические технологии регенерации структур внутреннего уха, методы адресной доставки в улитку фармацевтических средств, геномная и клеточная (стволовые клетки) коррекция – на сегодняшний день не существует патогенетически обоснованной унифицированной стратегии отопротекторных клинических вмешательств [5]. В связи с этим одной из наиболее эффективных мер, направленных на снижение риска развития ПС, остается контроль над модифицируемыми факторами риска формирования ПС, в первую очередь, уровнем и экспозицией шумового воздействия, стрессорирующими биопсихосоциальными воздействиями окружающей среды, в том числе производственной, а также характером питания [6].

Цель исследования – обобщение и анализ данных отечественных и зарубежных работ, посвященных современным аспектам роли питания, его отдельных компонентов и биодобавок в патогенезе нарушений слуха.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поиск источников научной информации проводили по базам данных РИНЦ, eLibrary, «КиберЛенинка», PubMed и Google scholar. Поисковые запросы включали следующие ключевые слова, словосочетания и их комбинации: «нарушения слуха», «возрастная потеря слуха», «профессиональная потеря слуха», «пресбиакузис», «внезапная потеря слуха», «нейросенсорная тугоухость», «патогенез», «окислительный стресс», «системное воспаление», «факторы риска», «шумовой фактор», «образ жизни», «питание», «диета», «нутриенты», «пищевые добавки», «витамины», «микроэлементы», «профилактика», «лечение», «медицинское вмешательство». Глубина поиска охватывала период с 2007 по 2024 г. В работе обобщены данные 60 публикаций, преимущественно зарубежных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По сравнению с другими модифицируемыми факторами риска развития нарушений здоровья, сбалансированное питание, особенно для некурящих лиц, является первостепенным корректируемым компонентом здорового образа жизни, широко используемым для нормализации и поддержания физиологической активности, замедления прогрессирования возрастных дисфункций, а также профилактики социально значимых хронических неинфекционных заболеваний – болезней системы кровообращения, сахарного диабета 2-го типа, новообразований [8]. Также в последнее время появляется все больше эпидемиологических и экспериментальных исследований, результаты которых свидетельствуют о значимом влиянии потребляемых продуктов на развитие нарушений слуха, реализующих свои эффекты через опосредованную модуляцию низко-

уровневого системного воспаления и процессов клеточной антиоксидантной защиты [5; 8; 9].

Продукты с высоким содержанием жиров и холестерина. На сегодняшний день результатами многочисленных перекрестных, продольных и интервенционных исследований верифицирована тесная связь липидного профиля с заболеваемостью и прогнозом ПС, оказывающего влияние на микроциркуляцию и клеточный метаболизм структур внутреннего уха [10]. Показано, что длительное потребление продуктов с высоким содержанием холестерина, трансжиров и полинасыщенных жирных кислот (фаст-фуд, сливочное масло, маргарин, высокопереработанные продукты и пр.), обладающих атерогенным эффектом, повышает частоту возникновения и прогрессирование нейросенсорной тугоухости [11], а также внезапной потери слуха [12].

С другой стороны, диеты с низким содержанием насыщенных жиров и холестерина характеризуются протективным действием в отношении ПС, а высокое содержание в рационе питания моно- и полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) снижает частоту выявления как субъективной, так и аудиометрической потери слуха [13]. Эти эффекты, вероятно, зависят от потребляемого количества данных нутриентов. Так, результаты некоторых экспериментальных и популяционных исследований показывают, что как дефицит, так и чрезмерное потребление омега-3 ПНЖК, особенно докозагексаеновой кислоты, могут приводить к нарушению слуховой нервной проводимости и снижению остроты слуха во все периоды жизни [14]. В связи с этим, по мнению экспертного сообщества, предпочтительным является не обогащение рациона пищевыми биодобавками, а включение в него видов рыб (сельди, скумбрии, сардин, лосося, форели, палтуса, тунца) с высоким содержанием на-

туральных омега-3 ПНЖК, антиапоптолитический эффект которых в отношении структур внутреннего уха обусловлен активацией выработки оксида азота – эндотелиального регулятора тонуса артерий, а также снижением продукции провоспалительных цитокинов и окислительного повреждения митохондрий клеточных структур улитки, в первую очередь сосудистой полоски [15; 16]. Так, по результатам когортного проспективного исследования состояние здоровья 65 215 женщин-медсестер из США в возрасте 27–44 лет (длительность наблюдения 18 лет) с учетом вмешивающихся факторов был установлен более низкий риск потери слуха у женщин, в рацион которых рыба входила 2–4 раза в неделю, по сравнению с более редким ее потреблением (менее одного раза в месяц) [17]. Последнее согласовывалось с результатами более раннего голландского популяционно-го исследования, в котором была обнаружена обратная связь между более высокими уровнями омега-3 ПНЖК в плазме крови и трехлетним риском потери слуха во взрослом возрасте [18].

Продукты с высоким содержанием белка. Несмотря на то что в настоящее время не определена концептуальная модель патогенетических механизмов причинно-следственной связи между потреблением белка и нарушениями слуха, результаты проведенных эпидемиологических исследований показывают, что низкобелковые рационы могут негативно влиять на слуховую функцию [19]. Так, результаты логистического регрессионного анализа данных французского обсервационного исследования влияния питания на качество старения – SU.VI.MAX 2, в которое вошли 1825 мужчин и женщин в исходном возрасте 45–60 лет (длительность наблюдения 2 года), выявили обратную статистически значимую связь между потреблением животного белка (красного мяса, домашней птицы, дичи, мяс-

ных субпродуктов) и самооценкой потери слуха у женщин, но не у мужчин [20]. В аналогичном корейском исследовании, дополненным аудиометрией, также была установлена обратная корреляция между потреблением белка и усредненным порогом слышимости, однако только на частоте 1000 Гц [21]. Необходимо подчеркнуть, что в приведенных исследованиях учитывалось потребление натурального животного белка, обеспечивающего организм не только чистым протеином, но и другими необходимыми питательными компонентами – незаменимыми аминокислотами, витаминами и микроэлементами, что затрудняло оценку непосредственного влияния белка на развитие нарушений слуха.

Продукты с высоким содержанием углеводов. Современная парадигма общественного здравоохранения рассматривает чрезмерное потребление ряда простых углеводов – глюкозы, фруктозы и пищевого сахара – как независимый кардиометаболический фактор риска нарушений здоровья [16]. В роли основных патогенетических механизмов, посредством которых перманентная гипергликемия может быть сопряжена со структурно-функциональными нарушениями слуха и риском его потери, позиционируются активация свободнорадикальных и перекисных процессов, снижение синтеза эндотелием внутреннего уха оксида азота, более комплементарное к избытку фруктозы, чем к аналогичному количеству потребляемой глюкозы [22; 23], а также инициированное высоким потреблением простых углеводов повышенное образование гликированных производных белков, аминокислот и липидов, обладающих прооксидантным и провоспалительным действием [24].

В настоящее время в научной литературе представлены многочисленные данные, свидетельствующие о верифицированной связи между диетами с высоким гликемиче-

ским индексом и/или гликемической нагрузкой [25], содержащими простые углеводы, и распространенностью в популяциях нейросенсорной тугоухости [6; 9; 18; 26–29], а также повышенного риска внезапной потери слуха [30]. Результаты эпидемиологических исследований, оценивающих взаимосвязь ПС с гликемической нагрузкой, гликемией и инсулинорезистентностью, свидетельствуют, что у лиц с нарушениями слуха в отсутствии сахарного диабета 2-го типа и ожирения при незначительно повышенном относительно референсных значений фоновом уровне глюкозы [31] более часто, по сравнению с группами обследованных без ПС, выявлялась высокая постпрандиальная гликемия, которую ряд исследователей рассматривает в качестве предиктора возрастной тугоухости [27; 29].

Простые и сложные углеводы способны оказывать диаметрально противоположное действие на ПС. В отличие от негативных эффектов моно- и дисахаров, высокое потребление пищевых полисахаридов, в первую очередь клетчатки растительного происхождения (цельнозерновые продукты, бобовые, овощи, фрукты, грибы и пр.), защищает от нарушений слуха и его потери [39]. При этом отопротекторные эффекты пищевых волокон способны нивелировать вредное воздействие других углеводных компонентов, поступающих с пищей [40], за счет снижения инсулинорезистентности и постпрандиальной гликемии, опосредованных низким гликемическим индексом клетчатки [19].

Сбалансированное (здоровое) питание характеризуется повышенным потреблением овощей, фруктов, цельного зерна, бобовых, орехов, рыбы, нежирного мяса, молочных продуктов, оливкового масла, зелени, специй, умеренным потреблением алкоголя (красное вино) и очень низким – высокопереработанных пищевых продуктов с

повышенным содержанием пищевого сахара, соли и насыщенных жиров. Такой рацион является сбалансированным источником антиатерогенных липидов (омега-3 и омега-9 ПНЖК), клетчатки, витаминов, полифенолов и минералов [34].

В настоящее время имеется множество научных наблюдений, свидетельствующих, что питание на основе сбалансированных диет, например средиземноморской, верифицированно снижает риск развития ряда хронических неинфекционных заболеваний, независимо связанных с возрастным фактором (сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний, сахарного диабета 2-го типа), а также увеличивает продолжительность жизни и повышает ее качество [19]. В то же время влияние этой диеты на орган слуха изучено недостаточно и отражено в единичных работах. Так, результатами американского лонгитюдного когортного исследования (1991–2013) долгосрочной связи между характером питания и риском потери слуха на примере медсестер было установлено, что женщины, придерживающиеся здорового питания, включая средиземноморскую диету, имели более низкий риск развития как умеренной, так и тяжелой степени потери слуха по сравнению с медсестрами с менее сбалансированным рационом [35].

Следует отметить, что патогенетическая оценка защитного действия средиземноморской диеты в отношении кохлеарной функции затруднена вследствие сложного состава и комплексного воздействия, входящих в нее макро- и микронутриентов. Однако присутствие в данной диете большого количества растительных волокон и полиненасыщенных жирных кислот позволяет предположить, что ее отопротекторный эффект реализуется через систему вышерассмотренных антиоксидантных и противовоспалительных механизмов, предотвращающих апоптоз слуховых клеток.

Пищевые биодобавки (витамины и витаминные комплексы). В настоящее время установлено, что отопротекторное действие витаминов и микроэлементов может осуществляться как за счет нейтрализации эффектов окислительного стресса, так и нормализации клеточных метаболических процессов, в ферментативных реакциях которых они выступают в роли коферментов (витамины) или кофакторов (ионы металлов) [9; 28; 29; 36].

Отопротекторный эффект, опосредованный антиоксидантной активностью наиболее широко используемых в качестве пищевых добавок витаминов А, Е и С, определяется их структурно-функциональными свойствами и может реализовываться через различные биохимические механизмы [36]. Витамин А, в основном в форме β -каротиноидов, в липидной клеточной среде нейтрализует синглетный кислород и пероксильные радикалы, предотвращая тем самым свободнорадикальное повреждение ПНЖК, обусловленное конъюгированием их двойных связей [37]. Жирорастворимый витамин Е, преимущественно в форме α -токоферола, являющегося донатором атомов водорода, взаимодействуя с пероксильными радикалами, переводит их в инертные α -токоферол-феноксильные производные, защищая мембранные фосфолипиды клеточных структур органа слуха за счет ограничения окислительного стресса [38]. Витамин С способен ингибировать процессы свободнорадикального окисления, главным образом, посредством нейтрализации активных форм кислорода через цикл «глутатион – аскорбат» в водных клеточных интерфазах [36].

В отличие от витаминов А, Е и С, используемые для обогащения пищевого рациона водорастворимые витамины группы В – тиамин (B_1), рибофлавин (B_2), ниацин (B_3), пантотеновая кислота (B_5), пиридоксин (B_6), фолиевая кислота (B_9) и кобаламин (B_{12}) –

являющиеся коферментами реакций митохондриального энергетического обмена, оказывают отопротекторное действие через нормализацию тканевого дыхания [9; 36; 39]. При этом разная вовлеченность витаминов во взаимосвязанные механизмы энергетического обмена и антиоксидантной клеточной защиты при комплексном применении жирорастворимых и водорастворимых витаминов может сопровождаться синергетическим эффектом в отношении ПС [40], изначально установленным в эксперименте на лабораторных животных [41].

Большинство эпидемиологических исследований влияния витаминов на кохлеарную функцию, представленных в научной литературе, сосредоточено на профилактическом эффекте их применения в отношении ПС, обусловленной шумовым фактором, в том числе профессионального генеза, а также минимизации ототоксичности лекарственных средств, тяжелых металлов и других токсикантов [28]. Как правило, при лечебно-профилактическом приеме пищевых биодобавок использовались разнообразные витаминные комплексы, в том числе усиленные таким вазодилататором, как магний (Mg^{2+}), защищающим внутреннее ухо от развития возрастных и/или профессиональных нарушений слуха [42]. Так, В. Gopinath et al. по результатам 5-летнего лонгитюдного эпидемиологического исследования связи между витаминами антиоксидантного действия (А, Е, С) и распространенностью ПС в когорте взрослых австралийцев было показано, что более высокое потребление витаминов А и Е находилось в обратной корреляции с частотой выявления нарушений слуха, но не влияло на риск его внезапной потери [43]. В аналогичном исследовании (4-летнее) влияния пролонгированного приема антиоксидантного комплекса (А, Е, С, Mg) на пороговый уровень слуха в виде чистого тона при речи и на высоких частотах,

проведенного в рамках Национального обследования здоровья и питания (NHANES) населения США, также было установлено, что потребление данной пищевой биодобавки статистически значимо снижало риск ПС [44]. Кроме того, было выявлено, что длительный (ежедневный свыше трех лет) прием витаминов-оксидантов, обогащенных Mg, предотвращал прогрессирование глухоты при генетически обусловленной ПС у детей [45].

Приведенные выше данные были сопоставимы с результатами регрессионного анализа связи между потреблением витаминов (A, B₁, B₂, B₃, C) и порогами слуха у пожилых людей, проведенного по материалам Корейского национального обследования состояния здоровья и питания (KNHANES), показавшего, что использование этих витаминных добавок статистически значимо повышало остроту слуха на всех частотах [46]. После корректировки по возрасту, полу, курению и воздействию производственного шума была выявлена более высокая теснота связи между приемом витамина C и лучшим слухом (нижний порог) на средних частотах (2000 и 3000 Гц) [46].

Заслуживающими внимание представляются результаты французского рандомизированного плацебо-контролируемого исследования SU.VI.MAX 2, в котором на примере 6850 мужчин и женщин в возрасте 58–73 лет анализировалась отложенная связь между ежедневным 8-летним приемом в терапевтических дозах витаминных добавок (A, E, C, B₆, B₁₂, фолиевая кислота) и остротой слуха (частоты 0,5, 1, 2 и 4 кГц): спустя 5–7 лет после его окончания выявилась значимая прямая корреляция только между кобаламином и ПС у обследованных женщин [20]. По мнению авторов, на полученные данные могло влиять отсутствие корректировки на вмешивающиеся факторы – прием ототоксических препаратов, воздействие производственного шума, наличие сердечно-

сосудистых и онкологических заболеваний. В то же время в другом крупном проспективном исследовании связи витаминов (A, C, E, фолиевая кислота) с риском ПС у 65 521 женщины (медсестры) из США, учитывающем при многофакторном анализе ряд важных ковариат, влияющих на слуховую функцию (физическую активность; употребление алкоголя, кобаламина, магния, калия и омега-3 ПНЖК; наличие в анамнезе гипертонии и сахарного диабета 2-го типа; прием ацетаминофена и ибупрофена), показано, что более высокое потребление провитаминов A (β-каротина и β-криптоксантина) и фолиевой кислоты (ФК) независимо было связано с низким риском ПС, тогда как пролонгированный прием повышенных доз витамина C коррелировал с повышенным риском развития нарушений слуха [47].

Следует отметить, что дефицит кобаламина и ФК является наиболее распространенной витаминной недостаточностью, опосредованно влияющей на кохлеарную функцию через межклеточный обмен гомоцистеина (Hcy), накопление которого в клеточных структурах внутреннего уха ведет к активации процессов окислительного стресса и нарушению микроциркуляции с исходом в апоптоз слуховых клеток и ускоренную потерю слуха [19; 48]. По оценкам NHANES, частота выявления ПС, ассоциированной с дефицитом этих витаминов группы B, в разных популяциях составляла от 2,9 до 25,7 %, увеличивалась с возрастом и, как правило, была выше у женщин, чем у мужчин [49].

Анализ взаимосвязи между сывороточным содержанием ФК, витамина B₁₂, Hcy и риском возрастной потери слуха у пожилых австралийцев (старше 50 лет, 4900 участников), проведенный по результатам лонгитюдного когортного исследования Blue Mountains (1997–1999; 2002–2004), выявил нарушения слуха разной степени почти у

65,0 % обследованных с гипергомоцистеинемией, тогда как у лиц с нормальным сывороточным уровнем Нсу пресбиакузис имел место только в одной трети случаев [50]. Установлено, что у обследованных с низким содержанием ФК в сыворотке крови риск возрастной ПС был выше на 39 %; при этом сывороточный уровень витамина B_{12} не имел статистически значимой связи с нарушениями слуха, а риск развития внезапной ПС не коррелировал с исходными уровнями Нсу, фолиевой кислоты и/или витамина B_{12} , определенными в сыворотке крови в 1997–1999 гг. По мнению авторов, несмотря на то что в исследовании делалась поправка на воздействие производственного шума, полученные данные могли содержать значительную погрешность измерения из-за недоучета ряда вмешивающихся факторов – алкоголизма, низкого потребления клетчатки и зерновых продуктов, сочетавшихся с низким содержанием ФК и витамина B_{12} , которые могли маскировать влияние гипергомоцистеинемии на кохлеарную функцию.

Результатами другого крупного проспективного американского исследования (1986–2002), в котором приняли участие более 26 000 мужчин разных медицинских профессий в возрасте 40–75 лет на момент начала исследования, анализирующего связь между потреблением витаминов (А, Е, С и ФК) и риском ПС с помощью опросника режима и качества питания, а также информации о диагностированном нарушении слуха, была установлена значимая корреляция только между ФК и снижением риска ПС на 21,0 % для мужчин в возрасте от 60 лет и старше, принимавших более 800 мкг ФК в день, что вдвое превышало терапевтические дозы, рекомендованные для данной возрастной группы [51]. Основным ограничением это исследования авторы считали низкую достоверность информации о наличии нарушений слуха, полученной от респонден-

тов, не подкрепленной объективными данными аудиометрии.

Е.К. Kabagambe et al. на основе репрезентативных данных NHANES за 2003–2004 гг. с учетом конфаундеров (возраст, пол, сывороточный уровень B_{12} , воздействие шума, курение, употребление алкоголя, индекс массы тела, артериальное давление, функция почек, социально-экономическое положение) была установлена U-образная зависимость между содержанием ФК в эритроцитах и потерей слуха [52]. В полностью скорректированной модели с использованием наименьшего квартиля уровня эритроцитарной ФК ($374,0 \pm 6,1$ нмоль/л) в качестве референта количественная оценка взаимосвязи между ПС и уровнем ФК показала значимый риск развития нарушений слуха у обследованных с наиболее высоким содержанием ФК в эритроцитах ($986,0 \pm 17,9$ нмоль/л). При этом у лиц с умеренно повышенным уровнем эритроцитарной ФК (582–741 нмоль/л) вероятность потери слуха на низких частотах (0,5–4,0 кГц) была в среднем на 32 % меньше относительно подгруппы нижнего квартиля содержания ФК. Причем ни фолиевая кислота, ни витамин B_{12} не были достоверно связаны с потерей слуха на более высоких частотах (4,0–8,0 кГц).

Возможным патофизиологическим механизмом связи повышенного риска ПС при избыточном накоплении ФК в эритроцитах, обусловленном хроническим употреблением витаминных биодобавок или обогащенных фолатами пищевых продуктов, может являться нарушение метилирования ДНК слуховых клеток и дисбаланс процессов одноуглеродного метаболизма, в том числе метаболизма ФК, цикла переметилирования гомоцистеина и пути транссульфурации аминокислот и полипептидов, синтезирующихся из Нсу, ведущие к дисфункциям нервной и иммунной систем, инсулинорезистентности, ожирению и диабету 2-го типа [28; 53].

Хотя побочные эффекты чрезмерного потребления фолиевой кислоты считаются обратимыми, последствия длительного ее чрезмерного потребления недостаточно изучены и могут синергировать с низким уровнем витамина B_{12} , который также связан с потерей слуха [9; 48]. В связи с этим, несмотря на выявленное ототоксическое действие высоких доз ФК в отношении ПС, к их внедрению в клиническую практику следует относиться взвешенно, с учетом потенциальных побочных эффектов и рекомендовать только группам населения с установленным дефицитом или недостаточностью фолиевой кислоты. По мнению E. Tavanai et al., данное ограничение должно распространяться и на антиоксидантную профилактику и терапию ПС, так как для лиц, достигших оптимального антиоксидантного потенциала благодаря здоровому питанию и адекватной физической активности, прием витаминов-антиоксидантов и антиоксидантных биодобавок не несет дополнительного улучшения кохлеарной функции [6]. Кроме того, экспериментально установлено, что расширенные наборы комбинированных витаминных комплексов антиоксидантного действия и/или прием высоких доз отдельных витаминов в ряде случаев способны критически нарушать баланс окислительно-восстановительных реакций, за пределами которого антиоксидантная ототоксическая перестает действовать, а функциональные или органические нарушения слуха сохраняются или даже прогрессируют [36].

Выводы

Питание является важнейшим модифицируемым фактором образа жизни, определяющим состояние здоровья и формирующим независимый или опосредованный риск развития большинства патологических

состояний, включая нарушения слуха. В настоящее время результатами эпидемиологических и экспериментальных исследований установлено, что характер питания способен оказывать двойственное влияние на формирование нарушений слуха. Так, продукты с высоким гликемическим индексом и повышенным содержанием холестерина, транс-жиров и полинасыщенных жирных кислот статистически значимо коррелируют с более высоким риском развития возрастной и/или профессиональной ПС. В то время как сбалансированные диеты, включающие клетчатку растительного происхождения (цельнозерновые продукты, бобовые, овощи, фрукты, грибы и пр.) и натуральные омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты (жирная рыба, морепродукты), а также прием витаминов-антиоксидантов (А, Е, С) и ряда витаминов группы В (фолиевой кислоты, кобаламина) при их дефиците или недостаточности, повышают остроту слуха и статистически значимо снижают риск его нарушений, обусловленный пресбиакузисом, воздействием шума или ототоксических агентов.

Таким образом, проведенный анализ современной научной литературы свидетельствует о высоком потенциале здорового питания в профилактике и возможном восстановлении кохлеарной дисфункции при отсутствии необратимых изменений. Последнее требует дополнительных крупномасштабных лонгитюдных исследований и углубленного изучения связи ПС с потреблением нутриентов и дозозависимыми эффектами витаминов для научного обоснования лечебно-оздоровительных и профилактических диетических программ, адаптированных к разным группам населения, что особенно актуально для предупреждения возрастной и профессиональной потери слуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Chadba S., Kamenov K., Cieza A. The world report on hearing, 2021. *Bull. World Health Organ.* 2021; 99 (4): 242–242A. DOI: 10.2471/BLT.21.285643
2. Кулешова М.В., Панков В.А. Психологический профиль пациентов с нейросенсорной тугоухостью профессионального генеза: пилотное исследование. *Acta Biomedica Scientifica.* 2021; 6 (5): 136–144. / Kuleshova M.V., Pankov V.A. Psychological profile in noise-induced hearing loss patients: a pilot study. *Acta Biomedica Scientifica.* 2021; 6 (5): 136–144. DOI: 10.29413/ABS.2021-6.5.13 (in Russian).
3. GBD 2019. Hearing Loss Collaborators. Hearing loss prevalence and years lived with disability, 1990–2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* 2021; 397 (10278): 996–1009. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00516-X
4. Чибисова С.С., Маркова Т.Г., Цыганкова Е.Р., Таварткиладзе Г.А. Применение современных эпидемиологических методов для изучения распространенности нарушений слуха в России. Современные проблемы физиологии и патологии слуха: материалы IX Национального конгресса аудиологов. М. 2021; 23–24. / Chibisova S.S., Markova T.G., Tsygan-kova E.R., Tavartkiladze G.A. Application of modern epidemiological methods in the research of the prevalence of hearing loss in Russia. *Modern problems of physiology and pathology of hearing: proceedings of the IX National congress of audiology.* Moscow 2021; 23–24 (in Russian).
5. Maniaci A., La Via L., Lechien J.R., Sangiorgio G., Iannella G., Magliulo G., Pace A., Mat Q., Lavalle S., Lentini M. Hearing loss and oxidative stress: A comprehensive review. *Antioxidants (Basel).* 2024; 13 (7): 842. DOI: 10.3390/antiox13070842
6. Tavanai E., Rabimi V., Khalili M.E., Falahzadeh S., Motasaddi Zarandy M., Moham-madkbani G. Age-related hearing loss: An updated and comprehensive review of the interventions. *Iran. J. Basic. Med. Sci.* 2024; 27 (3): 256–269. DOI: 10.22038/IJBMS.2023.72863.15849
7. Дранкина О.М., Карамнова Н.С., Концевая А.В., Горный Б.Э., Дадаева В.А., Дроздова Л.Ю., Егянян Р.А., Елиашевич С.О., Измайлова О.В., Лавренова Е.А. и др. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования: методические рекомендации. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2021; 20 (5): 2952. / Drapkina O.M., Karamnova N.S., Kontsevaya A.V., Gorny B.E., Dadaeva V.A., Drozdova L.Yu., Yeganyan R.A., Eliashevich S.O., Izmailova O.V., Lavrenova E.A. et al. Alimentary-dependent risk factors for chronic non-communicable diseases and eating habits: dietary correction within the framework of preventive counseling: methodological Guidelines. *Cardiovascular Therapy and Prevention* 2021; 20 (5): 2952. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2952 (in Russian).
8. Suzuki Y., Hayashi K., Goto F., Nomura Y., Fujimoto C., Makishima M. Premature senescence is regulated by crosstalk among TFEB, the autophagy lysosomal pathway and ROS derived from damaged mitochondria in NaAsO₂-exposed auditory cells. *Cell Death Discov.* 2024; 10 (1): 382. DOI: 10.1038/s41420-024-02139-4
9. Emami S.F. Hearing and diet (Narrative review). *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2024; 76 (1): 1447–1453. DOI: 10.1007/s12070-023-04238-7

10. Wu Z., Wang S., Huang X., Xie M., Han Z., Li C., Tang Q., Yang H. Association between the atherogenic index of plasma and hearing loss based on a nationwide cross-sectional study. *Lipids Health Dis.* 2024; 23 (1): 125. DOI: 10.1186/s12944-024-02119-8
11. Gopinath B., Flood V.M., Teber E., McMahon C.M., Mitchell P. Dietary intake of cholesterol is positively associated and use of cholesterol-lowering medication is negatively associated with prevalent age-related hearing loss. *J. Nutr.* 2011; 141 (7): 1355–61. DOI: 10.3945/jn.111.138610
12. Papadopoulou A.M., Papouliakos S., Karkos P., Chaidas K. The impact of cardiovascular risk factors on the incidence, severity, and prognosis of sudden sensorineural hearing loss (SSHL): A systematic review. *Cureus.* 2024; 16 (4): e58377. DOI: 10.7759/cureus.58377 PMID: 38756309
13. Rodrigo L., Campos-Asensio C., Rodríguez M.Á., Crespo I., Olmedillas H. Role of nutrition in the development and prevention of age-related hearing loss: A scoping review. *J. Formos. Med. Assoc.* 2021; 120 (1): 107–120. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.05.011
14. Rabimi V., Tavanai E., Falahzadeh S., Ranjbar A.R., Farahani S. Omega-3 fatty acids and health of auditory and vestibular systems: a comprehensive review. *Eur. J. Nutr.* 2024; 63 (5): 1453–1469. DOI: 10.1007/s00394-024-03369-z
15. Yu W., Zong S., Du P., Zhou P., Li H., Wang E. Role of the stria vascularis in the pathogenesis of sensorineural hearing loss: A narrative review. *Front. Neurosci.* 2021; 15: 774585. DOI: 10.3389/fnins.2021.774585
16. Man A.W.C., Li H., Xia N. Impact of lifestyles (diet and exercise) on vascular health: Oxidative stress and endothelial function. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2020; 2020: 1496462. DOI: 10.1155/2020/1496462
17. Curhan S.G., Eavey R.D., Wang M., Rimm E.B., Curhan G.C. Fish and fatty acid consumption and the risk of hearing loss in women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014; 100 (5): 1371–1377. DOI: 10.3945/ajcn.114.091819
18. Dullemeijer C., Verboef P., Brouwer I.A., Kok F.J., Brummer R.J., Durga J. Plasma very long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and age-related hearing loss in older adults. *J. Nutr. Health Aging.* 2010; 14 (5): 347–351. DOI: 10.1007/s12603-010-0078-x
19. Chen H.L., Tan C.T., Wu C.C., Liu T.C. Effects of diet and lifestyle on audio-vestibular dysfunction in the elderly: A literature review. *Nutrients.* 2022; 14 (22): 4720. DOI: 10.3390/nu14224720
20. Péneau S., Jeandel C., Déjardin P., Andreeva V.A., Hercberg S., Galan P., Kesse-Guyot E. SU.VI.MAX 2 Research Group. Intake of specific nutrients and foods and hearing level measured 13 years later. *Br. J. Nutr.* 2013; 109 (11): 2079–2088. DOI: 10.1017/S0007114512004291
21. Kim S.Y., Sim S., Kim H.J., Choi H.G. Low-fat and low-protein diets are associated with hearing discomfort among the elderly of Korea. *Br. J. Nutr.* 2015; 114 (10): 1711–1717. DOI: 10.1017/S0007114515003463
22. Tang D., Tran Y., Dawes P., Gopinath B. A narrative review of lifestyle risk factors and the role of oxidative stress in age-related hearing loss. *Antioxidants (Basel).* 2023; 12 (4): 878. DOI: 10.3390/antiox12040878
23. Cai W., Li J., Shi J., Yang B., Tang J., Truby H., Li D. Acute metabolic and endocrine responses induced by glucose and fructose in healthy young subjects: A double-blinded, randomized, crossover trial. *Clin. Nutr.* 2018; 37 (2): 459–470. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.01.023

24. Chen J.H., Lin X., Bu C., Zhang X. Role of advanced glycation end products in mobility and considerations in possible dietary and nutritional intervention strategies. *Nutr. Metab. (Lond)*. 2018; 15: 72. DOI: 10.1186/s12986-018-0306-7
25. Venn B.J., Green T.J. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2007; 61 (1): S122–131. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602942
26. Tang D., Tran Y., Dawes P., Gopinath B. A narrative review of lifestyle risk factors and the role of oxidative stress in age-related hearing loss. *Antioxidants (Basel)*. 2023; 12 (4): 878. DOI: 10.3390/antiox12040878
27. Albernaz P.L. Hearing loss, dizziness, and carbohydrate metabolism. *Int. Arch. Otorhinolaryngol.* 2016; 20 (3): 261–270. DOI: 10.1055/s-0035-1558450
28. Puga A.M., Pajares M.A., Varela-Moreiras G., Partearroyo T. Interplay between nutrition and hearing loss: State of art. *Nutrients*. 2018; 11 (1): 35. DOI: 10.3390/nu11010035
29. Jung S.Y., Kim S.H., Yeo S.G. Association of nutritional factors with hearing loss. *Nutrients*. 2019; 11 (2): 307. DOI: 10.3390/nu11020307
30. Gopinath B., Flood V.M., McMahon C.M., Burlutsky G., Brand-Miller J., Mitchell P. Dietary glycemic load is a predictor of age-related hearing loss in older adults. *J. Nutr.* 2010; 140 (12): 2207–2212. DOI: 10.3945/jn.110.128462
31. Sardone R., Lampignano L., Guerra V., Zupo R., Donghia R., Castellana F., Battista P., Bortone I., Procino F., Castellana M., et al. Relationship between inflammatory food consumption and age-related hearing loss in a prospective observational cohort: Results from the salus in apulia study. *Nutrients*. 2020; 12 (2): 426. DOI: 10.3390/nu12020426
32. Spankovich C., Hood L.J., Silver H.J., Lambert W., Flood V.M., Mitchell P. Associations between diet and both high and low pure tone averages and transient evoked otoacoustic emissions in an older adult population-based study. *J. Am. Acad. Audiol.* 2011; 22: 49–58. DOI: 10.3766/jaaa.22.1.6
33. Tang D., Tran Y., Shekhwat G.S., Burlutsky G., Mitchell P., Gopinath B. Dietary fibre intake and the 10-year incidence of tinnitus in older adults. *Nutrients*. 2021; 13: 4126. DOI: 10.3390/nu13114126
34. Haß U., Herpich C., Norman K. Anti-inflammatory diets and fatigue. *Nutrients*. 2019; 11: 2315. DOI: 10.3390/nu11102315
35. Curban S.G., Wang M., Eavey R.D., Stampfer M.J., Curban G.C. Adherence to healthful dietary patterns is associated with lower risk of hearing loss in women. *Nutrients*. 2018; 10 (6): 944–951.
36. Carles L., Gibaja A., Scheper V., Alvarado J.C., Almodovar C., Lenarz T., Juiz J.M. Efficacy and mechanisms of antioxidant compounds and combinations thereof against cisplatin-induced hearing loss in a rat model. *Antioxidants (Basel)*. 2024; 13 (7): 761. DOI: 10.3390/antiox13070761
37. Roldán-Fidalgo A., Martín Saldaña S., Trinidad A., Olmedilla-Alonso B., Rodríguez-Valiente A., García-Berrocal J.R., Ramírez-Camacho R. *In vitro* and *in vivo* effects of lutein against cisplatin-induced ototoxicity. *Exp. Toxicol. Pathol.* 2016; 68: 197–204. DOI: 10.1016/j.etp.2016.01.003
38. Teraoka M., Hato N., Inufusa H., You F. Role of oxidative stress in sensorineural hearing loss. *Int. J. Mol. Sci.* 2024; 25 (8): 4146. DOI: 10.3390/ijms25084146

39. Huskisson E., Maggini S., Ruf M. The role of vitamins and minerals in energy metabolism and well-being. *J. Int. Med. Res.* 2007; 35 (3): 277–289. DOI: 10.1177/147323000703500301
40. Alvarado J.C., Fuentes-Santamaría V., Melgar-Rojas P., Valero M.L., Gabaldón-Ull M.C., Miller J.M., Juiz J.M. Synergistic effects of free radical scavengers and cochlear vasodilators: a new otoprotective strategy for age-related hearing loss. *Front Aging Neurosci.* 2015; 7: 86. DOI: 10.3389/fnagi.2015.00086
41. Le Prell C.G., Hughes L.F., Miller J.M. Free radical scavengers vitamins A, C, and E plus magnesium reduce noise trauma. *Free Radic. Biol. Med.* 2007; 42 (9): 1454–1463. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.008
42. Alvarado J.C., Fuentes-Santamaría V., Juiz J.M. Antioxidants and vasodilators for the treatment of noise-induced hearing loss: Are they really effective? *Front Cell. Neurosci.* 2020; 14: 226. DOI: 10.3389/fncel.2020.00226
43. Gopinath B., Flood V.M., McMahon C.M., Burlutsky G., Spankovich C., Hood L.J., Mitchell P. Dietary antioxidant intake is associated with the prevalence but not incidence of age-related hearing loss. *J. Nutr. Health Aging.* 2011; 15: 896–900. DOI: 10.1007/s12603-011-0119-0
44. Choi Y.H., Miller J.M., Tucker K.L., Hu H., Park S.K. Antioxidant vitamins and magnesium and the risk of hearing loss in the US general population. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014; 99 (1): 148–155. DOI: 10.3945/ajcn.113.068437
45. Thatcher A., Le Prell C., Miller J., Green G. ACEMg supplementation ameliorates progressive Connexin 26 hearing loss in a child. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2014; 78 (3): 563–5. DOI: 10.1016/j.ijporl.2013.12.030
46. Kang J.W., Choi H.S., Kim K., Choi J.Y. Dietary vitamin intake correlates with hearing thresholds in the older population: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014; 99 (6): 1407–1413. DOI: 10.3945/ajcn.113.072793
47. Curban S.G., Stankovic K.M., Eavey R.D., Wang M., Stampfer M.J., Curban G.C. Carotenoids, vitamin A, vitamin C, vitamin E, and folate and risk of self-reported hearing loss in women. *Am. J. Clin. Nutr.* 2015; 102: 1167–1175. DOI: 10.3945/ajcn.115.109314
48. Partearroyo T., Vallecillo N., Pajares M.A., Varela-Moreiras G., Varela-Nieto I. Cochlear homocysteine metabolism at the crossroad of nutrition and sensorineural hearing loss. *Front. Mol. Neurosci.* 2017; 10: 107. DOI: 10.3389/fnmol.2017.00107
49. Green R., Allen L.H., Bjørke-Monsen A.L., Brito A., Guéant J.L., Miller J.W., Molloy A.M., Nexø E., Stabler S., Tob B.H., et al. Vitamin B₁₂ deficiency. *Nat. Rev. Dis. Primers.* 2017; 3. DOI: 10.1038/nrdp.2017.40
50. Gopinath B., Flood V.M., Rochtchina E., McMahon C.M., Mitchell P. Serum homocysteine and folate concentrations are associated with prevalent age-related hearing loss. *J. Nutr.* 2010; 140: 1469–1474. DOI: 10.3945/jn.110.122010
51. Shargorodsky J., Curban S.G., Eavey R., Curban G.C. A prospective study of vitamin intake and the risk of hearing loss in men. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2010; 142: 231–236. DOI: 10.1016/j.otohns.2009.10.049
52. Kabagambe E.K., Lipworth L., Labadie R.F., Hood L.J., Francis D.O. Erythrocyte folate, serum vitamin B₁₂, and hearing loss in the 2003–2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Eur. J. Clin. Nutr.* 2018; 72: 720–727. DOI: 10.1038/s41430-018-0101-6

53. *Williamson J.M., Arthurs A.L., Smith M.D., Roberts C.T., Jankovic-Karasoulos T.* High folate, perturbed one-carbon metabolism and gestational diabetes mellitus. *Nutrients*. 2022; 14 (19): 3930. DOI: 10.3390/nu14193930

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы: разработка концепции и дизайна обзора, редактирование, написание текста. Все авторы одобрили окончательный вариант текста статьи.

Поступила: 05.03.2025

Одобрена: 22.07.2025

Принята к публикации: 30.07.2025

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Спирин, В.Ф. Роль питания в формировании нарушений слуха: обзор литературы / В.Ф. Спирин, Г.А. Безрукова // Пермский медицинский журнал. – 2025. – Т. 42, № 4. – С. 64–77. DOI: 10.17816/pmj42464-77

Please cite this article in English as: Spirin V.F., Bezrukova G.A. The role of nutrition in the formation of hearing disorders: literature review. *Perm Medical Journal*, 2025, vol. 42, no. 4, pp. 64-77. DOI: 10.17816/pmj42464-77