

Влияние детских молочных смесей, обогащенных длинноцепочечными жирными кислотами и лютеином, на формирование центральной нервной системы и зрения с позиций пищевого программирования

И. Н. Холодова¹, chin5@yandex.ru

Е. С. Киселева², e.kiseleva@mamako.ru

В. В. Нечаева³, vikanechaeva@gmail.com

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации; 123480, Россия, Москва, ул. Баррикадная, 2/1

² Общество с ограниченной ответственностью «СвитМилк»; 127247, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, д. 100, стр. 2

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области Мытищинская городская клиническая больница; 141009, Россия, Московская обл, Мытищи, ул. Коминтерна, 24

Резюме. Характер питания с момента зачатия и до возраста 24 месяцев (первая тысяча дней жизни) имеет решающее значение для развития центральной нервной системы и зрения ребенка. Поэтому детям на искусственном вскармливании необходимо не только получать питание, богатое макро- и микроэлементами, но и компенсировать возможный дефицит эссенциальных нутриентов, содержащихся в грудном молоке. Хотя большинство детских смесей содержит все необходимые нутриенты, этого может быть недостаточно для правильного развития мозга и зрения. Дефицит длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот и лютеина, возникший в период, когда высока потребность в определенных питательных веществах, необходимых для развития центральной нервной системы, может снизить интенсивность развития структур мозга, зрительного анализатора и повлиять на когнитивное развитие ребенка. Поэтому оба нутриента включены в нормативные документы в качестве обязательных компонентов смеси для детского питания. Из-за ограниченной биодоступности длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот и лютеина смеси на основе козьего молока являются доказанно эффективным детским молочным питанием с рождения, которое решает проблему ограниченной биодоступности ключевых эссенциальных нутриентов.

Ключевые слова: длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты, докозагексаеновая кислота, арахидоновая кислота, лютеин, пищевое программирование, смеси на основе козьего молока.

Для цитирования: Холодова И. Н., Киселева Е. С., Нечаева В. В. Влияние детских молочных смесей, обогащенных длинноцепочечными жирными кислотами и лютеином, на формирование центральной нервной системы и зрения с позиций пищевого программирования // Лечащий Врач. 2022; 10 (25): 48-54. DOI: 10.51793/OS.2022.25.10.008

Effect of infant formula enriched with long-chain fatty acids and lutein on the formation of the central nervous system and vision from the standpoint of nutritional programming

Irina N. Kholodova¹, chin5@yandex.ru

Elena S. Kiseleva², e.kiseleva@mamako.ru

Viktoriya V. Nechaeva³, vikanechaeva@gmail.com

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2/1 Barricadnaya str., Moscow, 123480, Russia

² «SweetMilk» Limited liability company; 100 bldg. 2, Dmitrovskoye shosse, Moscow, 127247, Russia

³ State Budgetary Healthcare Institution of the Moscow Region Mytishchi City Clinical Hospital; 24 Komintern str., Mytishchi, Moscow region, 141009, Russia

Abstract. The nature of nutrition from the moment of conception to the age of 24 months (the first 1000 days of life) is crucial for the development of the central nervous system and vision of the child. Therefore, formula-fed children need to receive nutrition that is not only rich in macro- and microelements, but also compensate for the possible deficiency of essential nutrients contained in breast milk. Although most infant formula contains all the necessary nutrients, this may not be enough for proper brain and vision development. Deficiency of long-chain polyunsaturated fatty acids and lutein, if it occurs during a period when there is a high need for certain nutrients necessary for the development of the central nervous system, can reduce the intensity of development of brain structures, the visual analyzer and affect the cognitive development of the child. Therefore, both nutrients are included in the regulatory documents as mandatory components of infant milk formula. Due to the limited bioavailability of long-chain polyunsaturated fatty acids and lutein from cow's milk, goat's milk-based formulas are a proven effective infant nutrition from birth that solves the problem of limited bioavailability of key essential nutrients.

Keywords: long-chain polyunsaturated fatty acids, docosahexaenoic acid, arachidonic acid, lutein, Nutritional programming, goat milk-based formulas.

For citation: Kholodova I. N., Kiseleva E. S., Nechaeva V. V. Effect of infant formula enriched with long-chain fatty acids and lutein on the formation of the central nervous system and vision from the standpoint of nutritional programming // *Lechaschi Vrach.* 2022; 10 (25): 48-54. DOI: 10.51793/OS.2022.25.10.008

Первая тысяча дней жизни (период, начинающийся с момента образования зиготы и до второго года рождения ребенка) — это уникальное окно возможностей, когда закладываются основы оптимального развития нервной системы и зрительного анализатора. Известно, что характер питания новорожденного в критические периоды развития предопределяет метаболизм его организма на протяжении всей последующей жизни. Следствием этого является не только предрасположенность к определенным заболеваниям и особенностям их течения, но и влияние на потенциал развития центральной нервной системы (ЦНС).

Поскольку критические периоды развития головного мозга, связанные с дефицитом нутриентов, четко определены, правильное питание беременной женщины и рациональное вскармливание ребенка в течение первых лет жизни делают возможным профилактику последствий дефицитных состояний. С помощью коррекции питания можно повысить коэффициент интеллекта в мире на 10 пунктов [1, 2].

Период наибольшего роста и пластичности мозга приходится на последний триместр беременности и первые два года жизни. Быстро развивающиеся области мозга после рождения включают гиппокамп, зрительную и слуховую кору. На первом году жизни наблюдается быстрый рост области обработки речи (зона Вернике), которая участвует в процессе усвоения и понимания письменной и устной речи (рис. 1), а также отмечается раннее развитие префронтальной коры, которая будет контролировать более высокие процессы, такие как сложное когнитивное поведение, проявления личности, принятие решений.

Первая тысяча дней характеризуется быстрыми темпами нейрогенеза, роста аксонов и дендритов, миелинизации аксонов, пролиферации нейронов, синаптогенеза и глиогенеза, позволяющих мозгу ребенка быстро расти. Процессы нервного развития происходят в разные, но перекрывающиеся периоды времени в различных областях мозга. Поэтому дефицит питательных веществ в период, когда высока потребность в определенных питательных веществах для развития ЦНС, с большой вероятностью снижает интенсивность развития структур мозга.

Таким образом, первая тысяча дней — это период наибольших возможностей для нормального развития головного мозга и зрения и в то же время это время наибольшей чувствительности ЦНС к любому дефициту питательных веществ [3].

Очевидно, что весь спектр питательных веществ важен для становления функций головного мозга и зрения. Однако оптимальное развитие этих структур зависит от обеспечения в течение определенных критических периодов времени достаточным количеством ключевых нутриентов, таких как длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ДЦ ПНЖК) и лютеин.

Несмотря на неоспоримое преимущество грудного вскармливания для правильного когнитивного развития детей, в России, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 80-90% женщин начинают кормить грудью после рождения, но к 6 месяцам исключительно грудное вскармливание могут поддерживать только 40% матерей [4]. Поэтому детям, вскармливаемым смесями, необходимо не только получать питание, богатое макро- и микроэлементами, но и компенсировать дефицит эссенциальных нутриентов, содержащихся в грудном молоке, которые при искусственном вскармливании могут поступать к ребенку в недостаточном количестве. Так, ряд исследований показал достоверные отличия в когнитивном развитии детей на грудном вскармливании и тех, кого кормили смесью на основе коровьего молока без лютеина и оптимального соотношения ДЦ ПНЖК. В частности, это касалось времени, требовавшегося для освоения новых навыков [5].

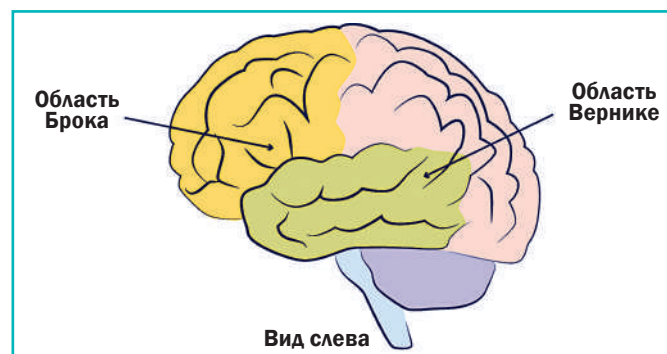


Рис. 1. Части коры головного мозга. Сенсорная речевая зона Вернике [адаптировано по Kennison S. M., Los Angeles: Sage., 2013] / Parts of the cerebral cortex. Wernicke's area [adapted after Kennison S. M., Los Angeles: Sage., 2013]

Хотя в большинстве детских смесей содержатся необходимые нутриенты, этого может быть недостаточно для правильного развития мозга. Чтобы обеспечить защиту нейронов и глиальных клеток от повреждения и апоптоза, в детские смеси необходимо в достаточных количествах вводить ДЦ ПНЖК и лютеин, обеспечивающие правильное становление функций головного мозга и зрения на протяжении первого года жизни ребенка.

Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты

Семейство ω -3 ПНЖК представлено эйкозапентаеновой (ЭПК, C20:5) и докозагексаеновой кислотами (ДГК, C22:6), которые синтезируются из метаболической предшественницы — α -линоленовой кислоты (АЛК, C18:3). Арахидоновая кислота (АК, C20:4) синтезируется из предшественницы — линолевой кислоты (ЛК, C18:2), относящейся к семейству ω -6 ПНЖК (табл. 1).

ДГК и АК ДЦ ПНЖК составляют большую часть фосфолипидов клеточных мембран головного мозга. Об их важности можно судить по быстрому росту мозга в младенчестве и раннем детстве. У доношенных масса мозга к третьему году жизни увеличивается втрое и сопровождается накоплением значительного количества ДГК и АК [6] (рис. 2).

ДГК оказывает защитное действие на нервную ткань, стимулируя биохимические каскады, которые повышают выживаемость нейронов и клеток ганглия. В ходе метаболизма ДГК образуется ряд важных соединений, включая нейротрофический фактор мозга (BDNF). Нейротрофический фактор D1 обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, противодействует гибели клеток ганглия, защищая их от окислительного стресса. BDNF повышает выживаемость нейронов, усиливает пластичность мозга и играет важную роль в нейрогенезе.

Таблица 1 Полиненасыщенные жирные кислоты, необходимые для развития головного мозга и зрительного анализатора. Адаптировано по [7] / Polyunsaturated fatty acids necessary for the development of the brain and visual analyzer. Adapted after [7]	
ω -3 полиненасыщенные жирные кислоты	ω -6 полиненасыщенные жирные кислоты
α -линоленовая кислота C18:3	линолевая кислота C18:2
Эйкозапентаеновая кислота C20:5	Арахидоновая кислота C20:4
Докозагексаеновая кислота C22:6	
Компонент клеточных мембран Предшественник: • простагландинов • лейкотриенов • тромбоксанов	Компонент клеточных мембран Входит в состав: • фосфолипидов головного мозга • сетчатки глаза

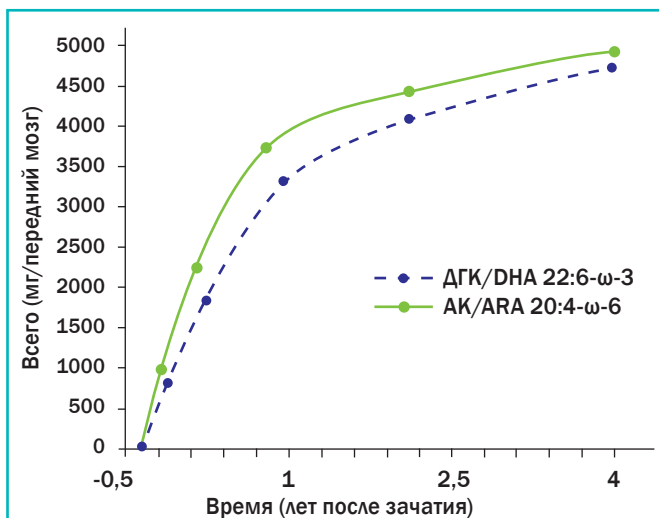


Рис. 2. Изменение концентрации ДЦ ПНЖК в головном мозге ребенка от зачатия до 3 лет. Адаптировано по [6] / Changes in the concentration of LC PUFAs in the child brain from conception to 3 y.o. Adapted from [6]

Активность АК в головном мозге выше, чем в других органах. Она играет важную роль в процессе деления клеток и передаче сигналов. Биотрансформация АК осуществляется посредством совокупности химических реакций, известной как каскад арахидоновой кислоты. Высвобождение АК из клеточной мембраны и последующий ее метаболизм происходит в ответ на самые различные факторы (стресс, гипоксия, катехоламины, коллаген, реакция «антиген — антитело» и др.). Именно в каскаде АК образуются все формы эйкозаноидов (простагландины, лейкотриены, простациклины и тромбоксаны), которые опосредуют воспалительные реакции [7].

Достаточное поступление в организм ω -3 ПНЖК (ДГК) подавляет синтез соответствующей кислоты ω -6 ПНЖК семейства (АК), что способствует торможению эффектов провоспалительных цитокинов, уменьшает экспрессию эндотелиальных молекул адгезии, активирует лейкоциты. Этот эффект подчеркивает важность сбалансированного состава ω -3 и ω -6 ДЦ ПНЖК в рационе. Исследования показали, что для защиты от нежелательных последствий, вызванных избыточной выработкой эйкозаноидов, важно не только само наличие ДЦ ПНЖК в поступающей пище, но и соотношение между ω -3 и ω -6 ПНЖК.

Организм доношенных и даже недоношенных детей в определенной мере способен синтезировать ДЦ ПНЖК. Тем не менее во многих случаях их образование затруднено. Поэтому присутствие свободных ДГК и АК в питании младенца имеет важное биологическое значение, так как способность к преобразованию ЛК и АЛК у ребенка первого полугодия жизни ограничена. Поскольку ДЦ ПНЖК играют важную роль в развитии плода и младенца, в ряде стран, в том числе и в России, рекомендовано дополнение рациона беременных и кормящих женщин ЭПК и ДГК [8].

Роль ДЦ ПНЖК в развитии структур головного мозга, слуха и зрительного анализатора

ω -3 ПНЖК, в частности ДГК, играют решающую роль в развитии ЦНС, поскольку встраиваются в мембраны клеток коры мозга, повышают активность мембранных рецепторов, участвуют в передаче сигналов клетками, регуляции экспрессии

генов и нейротрансмиссии. ДГК и АК участвуют в созревании синапсов и являются структурными компонентами миелина. Формирование синапсов начинается во время беременности (около 23-й недели) и продолжается на протяжении всей жизни [9]. Миелинизация аксонов слухового прохода ствола головного мозга начинается с 26-й недели гестации и продолжается до, по крайней мере, 1 года после рождения. Для миелинизации аксонов необходимы незаменимые ЖК. Исследования на животных показали, что как пренатальный, так и послеродовой дефицит незаменимых ЖК снижает их количество и изменяет состав миелина. Частота миелинизации областей, связанных со зрением и слухом, достигает пика после рождения ребенка и остается на высоком уровне до миелинизации областей мозга, лежащих в основе речевых навыков [10].

Добавление ДГК в рацион ребенка на первом году после рождения улучшает миелинизацию аксонов слухового прохода, что подтверждают результаты исследования младенцев, получавших детскую смесь, содержащую ДГК, у которых к возрасту 16 недель были зафиксированы более быстрые вызванные слуховые потенциалы ствола мозга, чем у младенцев, которые получали смесь без ДГК [11].

Роль полиненасыщенных жирных кислот в когнитивном развитии младенцев

При дефиците ПНЖК в диете матери нарушается процесс нейрогенеза у ребенка, что не только замедляет интеллектуальное развитие, но также может повлиять на интеллектуальные способности человека в более позднем возрасте. Несколько исследований показали, что добавление ДЦ ПНЖК в грудное молоко улучшает показатели развития ЦНС, в том числе навыки решения задач, память, распознавание и внимание [12]. Вскармливание младенцев смесью с высоким уровнем ДЦ ПНЖК доказанно демонстрирует лучшие показатели когнитивного развития [13].

Интерес представляют результаты исследований, подтверждающих, что дополнительное включение в детский рацион добавки с ω -3 ПНЖК (ЭПК и ДГК) оказывает положительное влияние на течение синдрома дефицита внимания, сопровождающегося гиперактивностью и депрессией в случаях, когда был выявлен дефицит этих нутриентов [14].

Несмотря на то, что большинство детских смесей содержат ДЦ ПНЖК, они оказывают благотворное влияние на когнитивное развитие ребенка только в определенном соотношении, тогда как в любом другом случае эффект будет недостаточным или даже отсутствующим.

По данным рандомизированных исследований, лучшие отдаленные показатели когнитивного развития продемонстрированы в группе детей, вскармливаемых смесью с ДГК и АК в соотношении 1:1 [15].

Роль полиненасыщенных жирных кислот в развитии зрения

Smithers и соавт. показали, что повышенное потребление ДГК в период новорожденности улучшает остроту зрения [16]. Также было зарегистрировано улучшение функции сетчатки по данным электроретинографии у младенцев с более высоким потреблением ПНЖК [17]. Кроме того, детские смеси с добавлением ДГК и/или ЭПК улучшали скорость обработки в зрительных зонах префронтальной коры и вызванные зрительные потенциалы, демонстрируя, что для улучшения развития зрительного анализатора ребенка его питание должно включать комбинацию ДЦ ПНЖК, а не одну полиненасыщенную жирную кислоту [18].

Таблица 2

Наиболее важные функции ω -3 ПНЖК. Адаптировано по [19] / The most important functions of ω -3 PUFA. Adapted after [19]

Биологическая функция	Терапевтический эффект
Повышение уровня ЛПВП и снижение уровня ЛПНП	Правильное внутриутробное развитие нервной системы
Модулируют физические свойства мембраны липидов и нейронный транспорт	Положительное влияние на психическое здоровье
Снижение нейровоспаления	Защита нейронов от повреждения и снижение частоты возникновения синдрома внезапной детской смерти

Системная роль ДЦ ПНЖК для формирования здоровья детей

После приема внутрь в составе пищи ПНЖК переносятся в клетки и клеточные мембраны, влияя на метаболизм и выживаемость клеточной системы. ДЦ ПНЖК играют решающую роль в гомеостазе кальция, экспрессии генов, дыхательной функции, механизмах оксидативного стресса и митохондриальном апоптозе [19].

Определенное соотношение ω -3 и ω -6 ПНЖК обеспечивает защиту от нежелательных эффектов, связанных с избыточной выработкой простагландинов, лейкотриенов и липоксинов в метаболических каскадах. Здесь ω -3 ПНЖК принадлежит противовоспалительная и системная антидегенеративная роль в регуляции иммунной системы. Значение ω -3 ПНЖК для формирования здоровья ребенка представлено в табл. 2.

Лютеин: источники, усвоение и биодоступность

Лютеин является еще одним ключевым фактором, определяющим становление и развитие зрительной и когнитивной функций у новорожденных и младенцев. Этот каротиноид, относящийся к группе ксантофиллов, содержится в овощах (особенно в темно-зеленых листовых), фруктах и яичном желтке [20] (рис. 3).

Люди и животные не синтезируют каротиноиды *de novo*. Они поступают в организм непосредственно из пищи либо частично модифицируются из продуктов питания и всасываются в тонком кишечнике. Поскольку лютеин является липофильной молекулой, его всасывание происходит с использованием тех же механизмов, что и при усвоении других жирорастворимых пищевых соединений, таких как липиды или жирорастворимые витамины. В составе хиломикронов лютеин транспортируется через лимфатическую систему в гепатоциты, где включается в липопротеины (особенно липопротеины низкой и высокой плотности — ЛПНП и ЛПВП) и транспортируется к тканям-мишеням. Лютеин способен проникать через гематоэнцефалический барьер и плаценту [20]. Его преимущественное накопление происходит в желтом пятне глаза и тканях головного мозга, а также в грудном молоке, где его концентрация может отличаться до 10 раз в пределах одной популяции, что связано с различиями в потреблении лютеина с пищей [21].

Механизм действия

Каротиноиды являются одними из наиболее эффективных гасителей синглетного кислорода, нейтрализуют свободные радикалы, ингибируют перекисное окисление липидов.

Лютеин защищает ДГК, главный липидный компонент ЦНС, от окисления, что особенно важно для тканей глаз и мозга детей раннего возраста и недоношенных, которые более подвержены окислительному повреждению из-за обилия ДГК

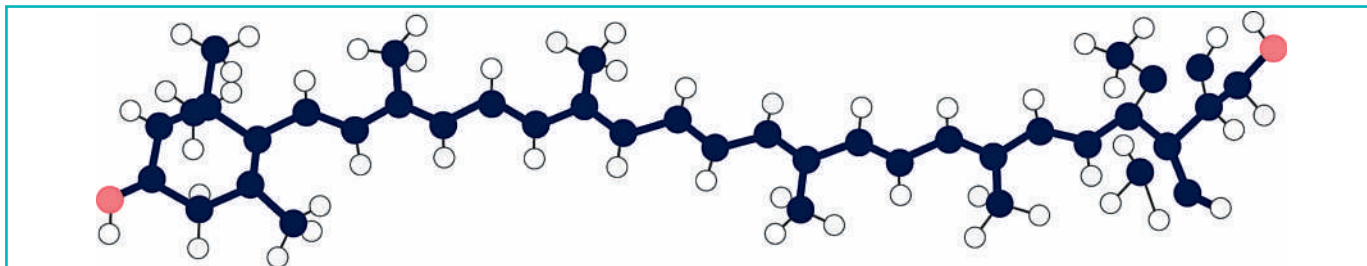


Рис. 3. Структура каротиноида ксантофилла лютеина [адаптировано по Варакина-Митраль и соавт., 2020] / Structure of the carotenoid xanthophyll Lutein [adapted after Varakina-Mitral K. et al., 2020]

в клеточных мембранах, большого потребления кислорода и высокого метаболизма [22] (рис. 4).

Специфическая способность лютеина поглощать высоко-энергетические короткие волны видимого света (500 нм, синий свет) защищает фоторецепторы от индуцированной синим светом продукции активных форм кислорода. Поглощение синего света положительно влияет на зрительную функцию, уменьшает хроматические аберрации и рассеивание света в глазу, улучшает контрастную чувствительность глаза (рис. 5).

Роль лютеина в формировании структур головного мозга, слуха и зрительного анализатора

Лютеин — каротиноид с самой высокой концентрацией в тканях мозга новорожденного накапливается в гиппокампе, лобной, зрительной, слуховой и затылочной коре с момента рождения до глубокой старости. Уровень каротиноидов у недоношенных детей ниже, чем у доношенных.

Лютеин при беременности, грудном и искусственном вскармливании

Исследования, проведенные в различных группах населения по всему миру, показали, что лютеин присутствует в материнской плазме на протяжении всей беременности, передается плоду через пуповинную кровь и сохраняется в течение послеродового периода [21]. Присутствие лютеина в плаценте

улучшает ее прочность, проницаемость, обеспечивая защиту и питание развивающегося плода. Природа продолжает снабжать ребенка лютеином и после рождения: молозиво богато каротиноидами, которые придают ему характерный желтоватый цвет. Лютеин и другие каротиноиды обнаруживаются в грудном молоке на протяжении всего периода лактации [23].

Последний триместр беременности и лактация — два критических периода развития сетчатки и головного мозга. Увеличение концентрации лютеина в эти периоды в сочетании с его преимущественным отложением в обоих органах указывает на важную биологическую роль этого эссенциального нутриента. Лютеин является одним из ключевых факторов отличия состава грудного молока от детских смесей, что может приводить к снижению уровня лютеина в плазме крови детей первого года жизни. Bettler et al. показали, что у младенцев на грудном вскармливании средняя концентрация лютеина в сыворотке крови примерно в 6 раз выше, чем у детей, которых кормили смесью без добавления лютеина. В том же исследовании поступление лютеина в составе смеси в дозах от 25 до 200 мкг/л увеличивало его концентрацию с дозозависимым эффектом [24]. Недавние клинические исследования подтвердили, что вскармливание смесью с лютеином обеспечивает его отложение в зрительной коре, гиппокампе и полусоматом теле так же, как и при грудном вскармливании. Его дефицит может потенциально замедлить процесс обучения, а высокий уровень связан с более интенсивным развитием когнитивных способностей [25].

Положительное влияние смесей на основе козьего молока на биодоступность ДЦ ПНЖК и лютеина

Грудное молоко в качестве первого необходимого источника пищи обеспечивает рост и развитие как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде жизни ребенка. Детские смеси

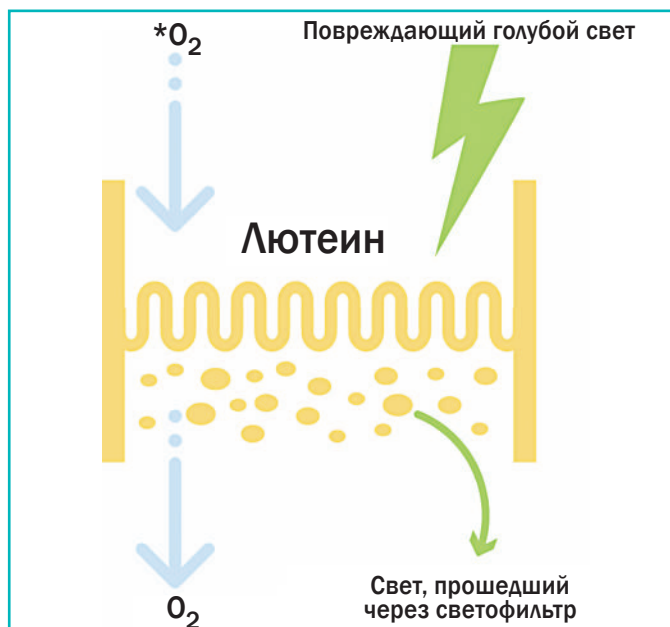


Рис. 4. Роль лютеина как оптического фильтра [адаптировано по К. Варакиной-Митрай и соавт., 2020] / The role of lutein as an optical filter [adapted from Varakina-Mitral K. et al., 2020]

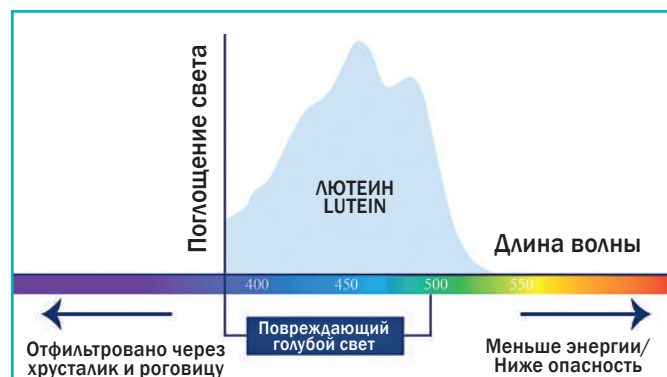


Рис. 5. Спектр поглощения лютеина (синий) [адаптировано по Gazzolo D. et al., 2021] / Absorption spectrum of lutein (blue) [adapted from Gazzolo D. et al., 2021]

используются как дополнительный или основной источник питания, если грудное вскармливание невозможно. В последние десятилетия были проведены научные исследования, указывающие на возможность использования смесей на основе козьего молока в питании детей раннего возраста в качестве альтернативы смесям на основе коровьего молока. Учитывая лучшую перевариваемость, высокую усвояемость, иммунологические свойства, в частности наличие олигосахаридов, козье молоко можно считать более привлекательным для применения в качестве основы для детских смесей. Использование козьего молока в качестве источника белка для начальных и последующих формул разрешено в Европейском Союзе с 2013 г., когда это положение было окончательно внесено в Директиву 2006/141/ЕС [26]. Важной особенностью козьего молока является его жирнокислотный состав, отличающийся в значительной степени от молока коровьего: в нем гораздо выше содержание коротко- и среднецепочечных жирных кислот, а также больше мононенасыщенных и, что наиболее важно, ДЦ ПНЖК [27].

При использовании цельного козьего молока для производства детских молочных смесей сохраняются преимущества природного состава жирового компонента.

Низкая биодоступность лютеина объясняется его плохой растворимостью в воде и химической нестабильностью, что может представлять проблему для производителей детских смесей. Эксперименты включения лютеина в белковые эмульсии для улучшения его биодоступности показали, что он способен взаимодействовать с казеинами молока через образование комплексов «лютеин — казеин». Однако было обнаружено, что солюбилизация лютеина при связывании с казеинами коровьего и козьего молока значительно различалась. Так, степени солюбилизации лютеина при связывании с казеиновыми фракциями козьего молока α S1-II-казеином и α S1-I-казеином составляли 34% и 10% соответственно, тогда как степень солюбилизации с казеином коровьего молока была лишь 7% [28].

Комплексы казеиновых фракций козьего молока способны увеличивать видимую растворимость лютеина в водной фазе. Это позволяет улучшать перенос лютеина с кровотоком к целевым органам, включая мозг, что свидетельствует о более высокой биодоступности лютеина из козьего молока по сравнению с коровьим.

Заключение

Характер питания играет наиболее существенную роль в течение первой тыщи дней развития мозга от зачатия до примерно двухлетнего возраста, поскольку в этот период процессы развития ЦНС проходят наиболее активную фазу.

По этой причине крайне важно, чтобы ребенок получал сбалансированное питание, удовлетворяющее потребностям развивающегося мозга. Во время беременности все питательные компоненты поступают к плоду через плаценту из рациона матери. После рождения источник питательных компонентов зависит от того, находится ли ребенок на грудном или искусственном вскармливании. Если его кормят исключительно грудным или грудным донорским молоком, питание кормящей матери должно быть сбалансированным и разнообразным. При искусственном вскармливании крайне важно убедиться, что смесь содержит все питательные вещества, которые поддерживают развитие ЦНС и зрения и обеспечивают оптимальные условия для интеллектуального развития ребенка.

Крайне важно, чтобы в состав смеси входили ω -3 и ω -6 ПНЖК и соблюдалось оптимальное соотношение ДГК и АК, а также обогащение лютеином. Несмотря на различные пути метаболизма и ДЦ ПНЖК, и лютеин защищают клетки

мозга и зрительного анализатора от окислительного стресса, определяют скорость развития нейронов головного мозга, обеспечивают процессы миелинизации, что предопределяет развитие интеллектуальных способностей ребенка не только до 24 месяцев после рождения, но и на протяжении всей последующей жизни. По этой причине ДЦ ПНЖК и лютеин включены в стандарты и нормативы в качестве обязательных компонентов смесей детского питания [29].

Однако добавление в смесь всего набора макро- и микронутриентов, необходимых для развития ЦНС и зрения, может не иметь значительного положительного эффекта из-за ограниченной биодоступности. Смесь для младенцев на основе козьего молока решает проблему ограниченной биодоступности, поскольку ее белки не мешают усвоению питательных элементов.

Примером такой смеси является смесь МАМАКО® Premium с 2'-FL олигосахаридами грудного молока, которая полностью соответствует российским и международным стандартам, регламентирующим состав заменителей женского молока. Продукт зарегистрирован в России с 2021 г. и на сегодняшний день является первой и единственно доступной смесью на основе козьего молока, в состав которой входят лютеин, докозагексаеновая (ω -3) и арахидоновая (ω -6) кислоты в соотношении 1:1, что создает наиболее благоприятные условия для развития головного мозга и формирования зрительного аппарата у младенцев. ■

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

CONFLICT OF INTERESTS. Not declared.

Литература/References

1. Simione M., Moreno-Galarraga L., Perkins M., et al. Effects of the First 1000 Days Program, a systems-change intervention, on obesity risk factors during pregnancy // BMC Pregnancy Childbirth. 2021; 21: 729.
2. World Food Program USA. Available for download 01.08.2022, <https://www.wfpusa.org/programs/nutrition/>.
3. Purtil C., Kopf D. The class dynamics of breastfeeding in the United States of America. Retrieved on July 23, 2017 from <https://qz.com/1034016/the-class-dynamics-of-breastfeeding-in-the-united-states-of-america/>.
4. WHO: Maternal support groups for breastfeeding Retrieved on July 30, 2014, from <https://www.who.int/features/2014/russia-breastfeeding/ru/>.
5. Black M. M., Pérez-Escamilla R., Rao S. F. Integrating Nutrition and Child Development Interventions: Scientific Basis, Evidence of Impact, and Implementation Considerations // Advances in Nutrition. 2015; 6 (6): 852-859. DOI: 10.3945/an.115.010348.
6. Hadley K. B., et al. The Essentiality of Arachidonic Acid in Infant Development // Nutrients, 2016; 8 (4): 216.
7. Громова О. А., Торшин И. Ю., Егорова Е. Ю. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты и когнитивное развитие детей // Вопросы современной педиатрии. 2011; 1 (10). [Gromova O. A., Torshin I. Yu., Yegorova Ye. Yu. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive development of children // Voprosy sovremennoy pediatrii. 2011; 1 (10).]
8. Koletzko B., Cetin I., Brenna J. T. Dietary fat intakes for pregnant and lactating women // British Journal of Nutrition. 2007; 98 (5): 873-877. DOI: 10.1017/s0007114507764747.
9. Uauy R., Dangour A. D. Nutrition in Brain Development and Aging: Role of Essential Fatty Acids // Nutrition Reviews. 2006; 64 (5): 24-33. DOI: 0.1301/nr.2006.may.s24-s33.
10. McKenna M. C., Campagnoni A. T. Effect of Pre- and Postnatal Essential Fatty Acid Deficiency on Brain Development and Myelination // The Journal of Nutrition. 1979; 109 (7): 1195-1204. DOI: 10.1093/jn/109.7.1195].
11. Devarshi P. P., Grant R. W., Ikote C. J., Mitmesser S. H. Maternal Omega-3 Nutrition, Placental Transfer and Fetal Brain Development in Gestational Diabetes and Preeclampsia // Nutrients. 2019; 11 (5): 1107. DOI: 10.3390/nu11051107.

12. Hoffman R. D., Boettcher J. A., et al. Toward optimizing vision and cognition in term infants by dietary docosahexaenoic and arachidonic acid supplementation: A review of randomized controlled trials // PLEFA. 2009; 1: 2-3.
13. Pusceddu M. M., Kelly P., Stanton C., Cryan J. F., Dinan, T. G. N-3 Polyunsaturated Fatty Acids through the Lifespan: Implication for Psychopathology // International Journal of Neuropsychopharmacology. 2016; 19 (12). DOI: 10.1093/ijnp/pyw078.
14. Ramalho R., Pereira A. C., Vicente F., Pereira P. Docosahexaenoic acid supplementation for children with attention deficit hyperactivity disorder: A comprehensive review of the evidence // Clinical Nutrition ESPEN. 2018; 25: 1-7. DOI: 10.1016/j.clnesp.2018.03.126.
15. Colombo J., et al. Docosahexaenoic acid (DHA) and arachidonic acid (ARA) balance in developmental outcomes. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2017.
16. Smithers L. G., Gibson R. A., Mcphee A., Makrides M. Higher dose of docosahexaenoic acid in the neonatal period improves visual acuity of preterm infants: Results of a randomized controlled trial // The American Journal of Clinical Nutrition. 2008; 88 (4): 1049-1056. DOI: 10.1093/ajcn/88.4.1049.
17. Innis S. M., Adamkin D. H., Hall R. T., Kalhan S. C., Lair C., Lim M., et al. Docosahexaenoic acid and arachidonic acid enhance growth with no adverse effects in preterm infants fed formula // The Journal of Pediatrics. 2002; 140 (5): 547-554. DOI: 10.1067/mpd.2002.123282.
18. Shulkin M., Pimpin L., et al. n-3 Fatty Acid Supplementation in Mothers, Preterm Infants, and Term Infants and Childhood Psychomotor and Visual Development: A Systematic Review and Meta-Analysis // J Nutr. 2018; 148 (3): 409-418. DOI: 10.1093/jn/nxx031.
19. Rohrbach S. Effects of Dietary Polyunsaturated Fatty Acids on Mitochondria // Current Pharmaceutical Design. 2009; 15 (36): 4103-4116. DOI: 10.2174/138161209789909692.
20. Gazzolo D. et al. Early Pediatric Benefit of Lutein for Maturing Eyes and Brain-An Overview // Nutrients. 2021; 13 (9): 3239. <https://doi.org/10.3390/nu13093239>.
21. Picone S., Ritianni A., et al. Lutein Levels in Arterial Cord Blood Correlate with Neuroprotein Activin A in Healthy Preterm and Term Newborns: A Trophic Role for Lutein? // Clin. Biochem. 2018; 52: 80-84.
22. Nataraj J., Manivasagam T., Justin Thenmozhi A., Essa M. M. Lutein Protects Dopaminergic Neurons against MPTP-Induced Apoptotic Death and Motor Dysfunction by Ameliorating Mitochondrial Disruption and Oxidative Stress // Nutr. Neurosci. 2016; 19: 237-246.
23. Connor S. L., et al. The Maternal Transfer of Lutein and Zeaxanthin into the Fetus during Pregnancy // FASEB J. 2021; 22: 9-10.
24. Bettler J., Zimmer J. P., Neuringer M., Derusso P. A. Serum Lutein Concentrations in Healthy Term Infants Fed Human Milk or Infant Formula with Lutein // Eur. J. Nutr. 2010; 49: 45-51.
25. Liu Z., Neuringer M., Erdman J. W. Jr., Kuchan M. J., Renner L., Johnson E. E., Wang X., Kroenke C. D. The Effects of Breastfeeding versus Formula-Feeding on Cerebral Cortex Maturation in Infant Rhesus Macaques // Neuroimage. 2019; 184: 372-385. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.09.015.
26. Commission directive 2013/46/EU of 28 August 2013 amending Directive 2006/141/EC with regard to protein requirements for infant formulae and follow-on formulae // Official Journal of the European Union L 230. 29.8.2013. P. 16-19.
27. Gallier S., Tolenaars L., Prosser C. Whole Goat Milk as a Source of Fat and Milk Fat Globule Membrane in Infant Formula // Nutrients. 2020; 12 (11).
28. Davidov-Pardo G., Gumus C. E., McClements D. J. Lutein-enriched emulsion-based delivery systems: Influence of pH and temperature on physical and chemical stability // Food Chemistry. 2016; 196: 821-827. DOI: 10.1016.
29. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденных решением комиссии Таможенного Союза от 28.05.2010 г. [Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for goods subject to sanitary-epidemiological supervision (control), approved by the decision of the Commission of the Customs Union of 28.05.2010]

Сведения об авторах:

Холодова Ирина Николаевна, доктор медицинских наук, педиатр, гастроэнтеролог, профессор кафедры педиатрии имени Г. Н. Сперанского Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации; 123480, Россия, Москва, ул. Баррикадная, 2/1; chin5@yandex.ru

Киселева Елена Сергеевна, кандидат медицинских наук, Общество с ограниченной ответственностью «СвитМилк»; 127247, Россия, Москва, Дмитровское шоссе, д. 100, стр. 2; e.kiseleva@mamako.ru

Нечаева Виктория Викторовна, педиатр, начальник службы первичной медико-социальной помощи Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Московской области Мытищинская городская клиническая больница; 141009, Россия, Московская обл., Мытищи, ул. Коминтерна, 24; vikanechaeva@gmail.com

Information about the authors:

Irina N. Kholodova, Dr. of Sci. (Med.), pediatrician, gastroenterologist, Professor of the G. N. Speransky Department of Pediatrics at the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2/1 Barricadnaya str., Moscow, 123480, Russia; chin5@yandex.ru

Elena S. Kiseleva, MD, «SweetMilk» Limited liability company; 100 bldg. 2, Dmitrovskoye shosse, Moscow, 127247, Russia; e.kiseleva@mamako.ru

Victoria V. Nechaeva, pediatrician, head of the primary medical and social care service of the State Budgetary Healthcare Institution of the Moscow Region Mytishchi City Clinical Hospital; 24 Komintern str., Mytishchi, Moscow region, 141009, Russia; vikanechaeva@gmail.com

Поступила/Received 20.09.2022

Принята в печать/Accepted 23.09.2022



мамako®

Первая и единственная
детская смесь
на козьем молоке
с 2'-FL олигосахаридами
грудного молока*

Made in Spain

Произведено:
завод ILAS, S.A.



2'-FL

DHA+ARA

IQ

ЛИУТЕИН

GOS + B. LACTIS

✓ БЕЗ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА

Инновационные компоненты и натуральное козье молоко в адаптированной смеси МАМАКО® Premium создают двойную пользу для здоровья ребенка.

- ✓ Комфортное пищеварение
- ✓ Поддержка иммунитета
- ✓ Развитие мозга и зрения

ПОДРОБНЕЕ О ПОЛЬЗЕ МАМАКО®
www.mamako.ru



СПЕЦ. РАЗДЕЛ
ДЛЯ ВРАЧЕЙ

* Согласно данным Единого реестра свидетельств о государственной регистрации на август 2021 года (РФ и страны ЕАЭС). Грудное молоко является лучшим питанием для младенцев. ВОЗ рекомендует исключительно грудное вскармливание в течение первых 6 месяцев жизни ребенка и продолжение грудного вскармливания после введения прикорма до возраста 2 лет. Перед вводом новых продуктов в рацион малыша необходимо проконсультироваться со специалистом. Материал носит информационный характер и предназначен только для медицинских работников. Товар предназначен для питания детей с рождения. Товар сертифицирован.